ARC
0868

Library of the Museum

OF

COMPARATIVE ZOÖLOGY,

AT HARVARD COLLEGE, CAMBRIDGE, MASS.

Founded by private subscription, in 1861.

No. 7383.
Apr. 7 – Nov. 4, 1884

12.02. ag Pal

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1884.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1884.

9633
57-6

ARCHIV

FÜR

PHYSIOLOGIE.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG DES

ARCHIVES FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

UNTER MITWIRKUNG MEHRERER GELEHRTEN

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1884.

MIT ABBILDUNGEN IM TEXT UND 7 TAFELN.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1884.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhalt.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1883—84: Seite

Ueber secundär-elektromotorische Erscheinungen an Muskeln, Nerven und elektrischen Organen.

Von

E. du Bois-Reymond.[1]

---

§. I. Einleitung.

Ich halte die Zeit für gekommen, das Schweigen zu brechen, welches ich bisher über gewisse thierisch-elektrische Versuche beobachtete, mit denen ich seit bald vierzig Jahren beschäftigt bin, und denen ich grosse Wichtigkeit beilege. Gern hätte ich diese Untersuchung nach Kräften vollendet, ehe ich deren Ergebnisse veröffentlichte. Da neuerlich die Elektrophysiologen von mehreren Seiten her dem Gebiete sich nähern, auf welchem ich so lange der einzige Anbauer war, mehrere sogar es schon betraten, wenn auch ohne die Hauptsache zu gewahren, so liefe ich bei längerer Zurückhaltung Gefahr, für meinen Theil die Frucht einer Arbeit einzubüssen, bei welcher ich das Nonum prematur in annum mehr als vervierfachte. Ich will deshalb heute die vornehmsten Gesichtspunkte aufdecken, zu denen ich gelangte. In mehreren Abhandlungen werde ich dann das hier Gesagte weiter ausführen.

Die elektromotorischen Erscheinungen der Muskeln und Nerven habe ich vor längerer Zeit in drei Classen vertheilt.[2] Die einen werden im Zustand der Ruhe oder der Thätigkeit ohne Mitwirkung eines fremden Stromes

---

[1] Aus den *Sitzungsberichten der kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften* vom 5. April (ausgegeben am 12. April) 1883. Bd. I. S. 343—404. — Die Sätze zwischen viereckigen Klammern sind jetzt hinzugefügt. — Der mir von mehreren Freunden als Festschrift gewidmete Supplementband zum vorigen Jahrgange des *Archivs* enthält schon eine Abhandlung des Hrn. S. Tschirjew 'zur Lehre vom Elektrotonus', welche auf den im vorliegenden Aufsatze mitgetheilten Thatsachen weiterbaut, und einige der hier angeregten Fragen, beispielsweise die in § XIX gestellte, entscheidet.

[2] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abthl. II. S. 377.

wahrgenommen. Dahin gehört der Strom des ruhenden Muskels und Nerven mit seiner negativen Schwankung, auch wenn diese elektrisch hervorgerufen wurde, sofern der tetanisirende Strom durch jeden anderen Reiz ersetzbar ist. Wollen wir die Classification auch über die elektrischen Organe ausdehnen, so werden wir in dieselbe Classe deren schwache elektromotorische Wirkungen in der Ruhe, die ich den 'Organstrom' nenne,[1] und den irgendwie ausgelösten Schlag der Organe einzureihen haben.

In die zweite Classe brachte ich die während der Dauer eines fremden Stromes extrapolar auftretenden Elektrotonusströme der Nerven, zu welchen der Muskel und das elektrische Organ kein sicheres Seitenstück bieten.[2]

Zu diesen beiden, länger gekannten Classen kündigte ich noch eine dritte an, die der secundär-elektromotorischen Erscheinungen. Darunter verstand ich elektromotorische Erscheinungen, welche ein fremder Strom in der durchflossenen Strecke selber erzeugt, und die daher meist nur erkannt werden, sofern sie den fremden Strom überdauern. Dies sind die grossentheils neuen Thatsachen, von welchen hier die Rede sein soll. Doch wird sich, wie ich gleich sagen will, finden, dass eine Scheidung zwischen den beiden letzten Classen kaum aufrecht erhalten werden kann (s. unten S. 39).

Die secundär-elektromotorischen Erscheinungen stellen sich zunächst unter dem Bilde von Polarisationsströmen dar. Ich ziehe jenen Ausdruck vor, welcher auch auf die gewöhnlichen Polarisationserscheinungen passt, für den möglichen Fall, dass es bei der scheinbaren Polarisation der Muskeln und Nerven sich noch um etwas von der galvanischen Polarisation Verschiedenes handeln sollte. Doch halte ich nicht pedantisch an jenem Namen fest, sondern nenne gelegentlich den durch secundär-elektromotorische Kraft erzeugten Strom den Polarisationsstrom, auch wohl den Nachstrom, den ihn erzeugenden primären den polarisirenden Strom. Auch finde ich es zuweilen

---

[1] Dr. Carl Sachs' *Untersuchungen am Zitteraal, Gymnotus electricus, nach seinem Tode bearbeitet von* E. du Bois-Reymond u. s. w. Leipzig 1881. S. 171 ff.

[2] Hr. Eckhard versuchte am Organ des Zitterrochen, Sachs an dem des Zitteraales durch dauernde Durchströmung der elektrischen Nerven elektromotorische Wirkung zu erhalten, Hr. Eckhard vergeblich, Sachs mit zweifelhaftem Erfolge (*Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 188 ff.). Auch wenn diese Versuche gelungen wären, könnte man nicht vom Elektrotonus des elektrischen Organes sprechen. An den Muskeln will Hr. Hermann jetzt endlich eine Spur jener Elektrotonusströme gefunden haben, welche er früher so wenig wie ich nachweisen konnte, da doch seine Theorie ihrer so dringend bedarf (*Handbuch der Physiologie.* Leipzig 1878. Bd. II. S. 168; — Die Ergebnisse neuerer Untersuchungen auf dem Gebiete der thierischen Elektricität. Separat-Abdruck aus der *Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich.* 1878. S. 21. 22.). Er gedenkt nicht der Möglichkeit, dass die wahrgenommenen Wirkungen von den intramusculären Nerven herrühren. Schon 1849 hatte ich vor dieser Täuschung gewarnt (*Untersuchungen* u. s. w. Bd. II. Abth. I. S. 330).

bequem, von den zu polarisirenden Körpern als 'Polarisations-Object' zu sprechen. Negativ heisst eine dem primären Strom entgegen-, positiv eine ihm gleichgerichtete Polarisation.

§. II. Geschichtliches.

Eine hierher gehörige Erscheinung fand ich beim Beginn meiner Untersuchungen in der Wissenschaft vor. Peltier beschrieb 1836 an durchströmten Froschgliedmaassen eine negative Polarisation, welche er der Polarisation der Metalle in Ritter's secundärer Säule verglich. Sitz der Polarisation waren nach ihm die in das stromzuführende Wasser tauchenden Theile des Praeparates. Als er den dazwischen gelegenen, durchströmten Strecken Multiplicatorenden anlegte, blieb in seinen Versuchen jede Wirkung aus. Für die Ursache der Polarisation hielt deshalb Peltier die Ausscheidung von Wasserstoff und Sauerstoff an den eingetauchten Theilen, welche er dort, jedoch ohne irgend Etwas der Art nachzuweisen, nach Analogie metallischer Elektroden annahm.[1]

Peltier's Wahrnehmung wurde der Ausgangspunkt meiner eigenen Arbeiten über diesen Gegenstand. Bei Wiederholung seines Versuches mit Kochsalzlösung statt mit Wasser fand ich wirklich die Stelle, wo der Strom in das Praeparat eindrang, alkalisch, die, wo er es verliess, sauer reagirend.[2] Schien dies Peltier's Erklärung günstig, so zeigte sich mir andererseits, seiner ausdrücklichen Behauptung entgegen, jede durchströmte Strecke des Praeparates nach Art einer secundären Säule negativ elektromotorisch. Ein Theil der negativen Polarisation also rührt möglicherweise von den an der Aus- und Eintrittsstelle des Stromes angesammelten Ionen her, deren grösster und weitaus wichtigster Theil aber hat seinen Sitz im Inneren der Gewebe, unstreitig zunächst in den Muskeln.

---

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. I. S. 377; — Bd. II. Abth. II. S. 378.

[2] Schon Humphry Davy sah Säure und Alkali sich aus Muskelfleisch, aus lebenden Pflanzentheilen, ja aus den Fingern entbinden, welchen destillirtes Wasser den Strom zuführte (*Philosophical Transactions for the Year 1807.* P. I. p. 52. 53; — Gilbert's *Annalen der Physik.* 1808. Bd. XXVIII. S. 196. — Vergl. Simon in Gilbert's *Annalen* u. s. w. 1801. Bd. VIII. S. 28; — Ritter *ebenda.* Bd. IX. S. 329). — Auch an einem mit veilchenblauem Lackmuspapier bekleidetem Wasserbausch zwischen Kochsalzbäuschen sah ich Säure und Alkali frei werden (*Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik.* Leipzig 1875. Bd. I. S. 11). Als ich hier sagte, dass dies Davy's Behauptungen zuwider sei, wonach Reagenspapiere durch Ionen nur an metallischen Elektroden sich verfärben, waren mir obige Versuche Davy's nicht gegenwärtig.

§. III. Vorstudien: von der inneren Polarisation feuchter poröser Körper.

So gelangte ich zum Begriff einer inneren Polarisation der Muskeln. Bald aber fand ich auch andere feuchte poröse Körper innerlich polarisirbar, und nun verfolgte ich die neue Erscheinung zuerst rein physikalisch durch eine lange Reihe feuchter poröser Körper. Diese waren entweder unorganischer oder organischer Natur, und im letzteren Falle entweder nicht organisirt oder organisirt; im letzteren Falle wieder entweder todt, wie Holz, oder lebend, wie frisches Pflanzengewebe.[1]

Im Allgemeinen kann man sagen, dass jeder poröse Körper, dessen Stoff nicht zu schlecht leitet, mit einem Elektrolyten getränkt, der im Vergleich mit ihm nicht zu gut leitet, negativer innerer Polarisation fähig ist; d. h. nach der Durchströmung wirkt jede zwischen zwei isoëlektrischen Flächen begriffene Querscheibe elektromotorisch im umgekehrten Sinne des polarisirenden Stromes. Dies erklärt sich bei der Annahme, dass dieser Strom sich theilt zwischen der tränkenden Flüssigkeit und dem porösen Gerüst, und dass letzteres nach Art metallischer Zwischenplatten sich durch daran ausgeschiedene Ionen polarisirt. Jedes der unzähligen Zwischenplättchen wirkt elektromotorisch im umgekehrten Sinne von dem, in welchem es durchflossen wurde. Der dadurch erzeugte Partialstrom gleicht sich theils auf dem ihm durch den innerlich polarisirbaren Körper dargebotenen unmittelbaren Rückwege, theils durch den diesem Körper angelegten Bussolkreis ab. Seine Stärke im letzteren hängt ab von den Dimensionen des Polarisations-Objectes, der Lage des Zwischenplättchens in dessen Innerem, von der stofflichen Natur des porösen Gerüstes und der tränkenden Flüssigkeit. Aus der Superposition aller Partialströme geht dann der totale Strom im Bussolkreise hervor, dessen Stärke aber selbstverständlich auch noch eine unbekannte, verwickelte Function der Stärke und Dauer des polarisirenden Stromes, und der seit seiner Oeffnung verflossenen Zeit ist. Nur im Allgemeinen sieht man ein, dass sie mit dem Wachsen der beiden ersten Veränderlichen bis zu einer gewissen Grenze wachsen, mit dem der dritten abnehmen müsse.

Ein durchsichtiges Beispiel innerer Polarisation bietet ein der Axe nach durchströmter Cylinder wohl ausgeglühter, mit verdünnter Schwefelsäure getränkter Holzkohle. Sie leitet stofflich gut genug, damit trotz der guten Nebenleitung durch die verdünnte Säure ein Theil des Stromes seinen Weg durch sie nehme. Jede gleich lange Strecke des Kohlencylinders wirkt

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. I. Abth. I. S. 380. 381; — *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. A. a. O. S. 13—28: „Ueber innere Polarisation poröser, mit Elektrolyten getränkter Halbleiter.“ (4. August 1856.)

gleich stark secundär-elektromotorisch; die Wirkung des ganzen Cylinders ist gleich der Summe der Wirkungen aller einzelnen Strecken. Auch Holz nimmt sehr starke innere Polarisation an. Nur darf es, da die Holzfaser schlecht leitet, nicht mit besser leitender Flüssigkeit getränkt werden. Mit Kochsalz- und Kupfersulphat-Lösung erhält man nur schwache Wirkung am günstigsten ist destillirtes Wasser.

An Holzprismen studirte ich den Einfluss von Länge und Querschnitt des innerlich polarisirbaren Körpers auf die Stärke des Polarisationsstromes unter sonst gleichen Umständen. Zunächst versteht es sich von selbst, dass bei der inneren Polarisation nicht die Stromstärke, sondern die Stromdichte in Betracht kommt. In Uebereinstimmung mit der Theorie zeigte sich aber ferner, dass die Stärke der inneren Polarisation eine Function des Widerstandes des feuchten porösen Körpers ist, sofern dieser Widerstand durch die Dimensionen bestimmt wird. Die Function besitzt ein Maximum, welches in einem gegebenen Kreise bei beständiger Länge des innerlich polarisirbaren Körpers mit um so grösserem Querschnitt eintritt, je schlechter die tränkende Flüssigkeit leitet.[1]

§. IV. Fortsetzung der Vorstudien: von der Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte.

Gewisse Wahrnehmungen bei den Versuchen über innere Polarisation führten mich zur Kenntniss einer zweiten Art von Polarisation an feuchten Leitern, nämlich der Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte. Im Gegensatz zur inneren Polarisation bietet sie die Eigenthümlichkeit, dass sie auch positiv sein kann. Befindet sich gleichzeitig im Kreise ein innerlich polarisirbarer Körper, so erhält man oft, was ich 'doppelsinnige Wirkung' nenne, d. h. einen Ausschlag erst im einen, dann im anderen Sinne.[2] Wird beispielsweise ein Wasserbausch zwischen Kochsalzbäuschen durchströmt, so erfolgt nach Öffnung der polarisirenden Kette und Schliessung des Bussolkreises zuerst ein negativer 'Vorschlag', dem eine länger anhaltende positive Ablenkung auf dem Fusse folgt. Der negative Vorschlag rührt von innerer Polarisation des Wasserbausches her, die positive Ablenkung von der Summe der positiven Polarisationen an den Grenzen von Salzlösung und Wasser, Wasser und Salzlösung. Die innere Polarisa-

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. I. S. 29—41: „Ueber den Einfluss, welchen die Dimensionen innerlich polarisirbarer Körper auf die Grösse der secundär-elektromotorischen Wirkung üben.“ (13. Januar 1859.)

[2] *Ebenda.* Leipzig 1877. Bd. II. S. 407.

tion ist stärker, aber flüchtiger, die äussere schwächer, aber nachhaltiger, woraus sich der negative Vorschlag, gefolgt von einem positiven Hauptausschlag, erklärt.

Aehnlich dem Wasserbausche verhalten sich zwischen Kochsalzbäuschen alle von mir untersuchten frischen thierischen Gewebe: ein Stück Rippe, Rippenknorpel, Sehne, elastisches Gewebe, Froschhaut, Haut vom Menschen, Stücken Lunge, Leber, Milz, Niere vom Kaninchen, endlich Muskeln und Nerven. Sie nehmen positive äussere Polarisation an, welche sich mit innerer negativer Polarisation algebraïsch summirt. Letztere tritt unter sonst gleichen Umständen um so stärker hervor, je länger die durchströmte Strecke.[1]

In einem Bogen aus Zinkbäuschen, physiologischem Kochsalzthon und thierischen Theilen macht sich unter den gewöhnlichen Umständen die äussere Polarisation wenig bemerkbar.[2] Doch empfiehlt es sich, um bei Versuchen über innere Polarisation der Muskeln und Nerven ganz sicher zu gehen, die secundär-elektromotorischen Wirkungen nicht mittels derselben Bäusche, Thonspitzen u. d. m. abzuleiten, welche den primären Strom zuführen, oder, wenn diese Anordnung aus gewissen Gründen geboten sein sollte, wenigstens nicht zu vergessen, dass dabei Polarisation an der Grenze der ungleichartigen Elektrolyte sich einmischen kann.

§. V. Weitere Fortsetzung der Vorstudien: vom äusseren und vom inneren Widerstande feuchter poröser Körper.

Als ich diesen Punkt erreicht hatte, glaubte ich von den Vorgängen bei Durchströmung einer Reihe feuchter poröser Körper genug zu wissen, um in der Erforschung der secundär-elektromotorischen Erscheinungen der Muskeln und Nerven ungefährdet fortzuschreiten. Doch fand ich mich arg getäuscht. Nachdem ich nämlich schon zahlreiche Versuche der Art angestellt hatte, entdeckte ich einen neuen Quell des Irrthums, durch welchen meine bisherige Arbeit, wenn auch nicht werthlos, doch für strengere Ansprüche unzureichend wurde. Dies war der von mir sogenannte secundäre Widerstand der feuchten porösen Körper, welchen ich nun zum Gegenstand einer ausgedehnten und mühseligen Versuchsreihe machte.[3]

---

[1] *Ebenda.* Bd. I. S. 1—12: „Ueber Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte.“ (17. Juli 1856). — Vergl. unten S. 27.

[2] *Ebenda.* Bd. II. S. 189 ff.

[3] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. I. S. 80—130: „Ueber den secundären Widerstand, ein durch den Strom bewirktes Widerstandsphaenomen an feuchten porösen Körpern.“ (20. December 1860.)

Ich verstehe darunter einen Widerstand, der durch den Strom selber erzeugt, nach Aufhören des Stromes allmählich etwas abnimmt, bei dessen Umkehr allmählich schwindet. Der in geronnenem Eiweiss zwischen Zinkbäuschen sich entwickelnde secundäre Widerstand kann den Strom einer zwanziggliederigen Grove'schen Säule so schwächen, dass nur ein Zehntel der ursprünglichen Stärke übrig bleibt. Der secundäre Widerstand überwiegt also weit die Erhöhung der Leitungsgüte in Folge der Erwärmung der feuchten Leiter durch den Strom. Wenden des Stromes in feuchten porösen Körpern, in welchen secundärer Widerstand herrscht, bringt nicht, wie Wenden des Stromes in polarisirten Leitern, einen plötzlichen positiven Sprung der Stromstärke hervor, sondern es bietet sich das merkwürdige Schauspiel ihres minutenlangen langsamen Wiederanwachsens bis fast zur ursprünglichen Höhe, worauf das Sinken von vorn anfängt, um bei erneutem Wenden abermals mit langsamem Wachsen abzuwechseln.

Es giebt zwei Arten secundären Widerstandes, nämlich entsprechend der äusseren und der inneren Polarisation feuchter poröser Körper, einen äusseren und einen inneren secundären Widerstand. Des ersteren Sitz ist die Eintrittsstelle des Stromes, und obschon Manches dunkel bleibt, erklärt er sich aus der kataphorischen Wirkung des Stromes, aus dem Forttreiben der im Kreise befindlichen Flüssigkeiten von der Anode zur Kathode. Wo ein Zinkbausch thierischen Geweben den Strom zuführt, entwickelt sich ein sehr starker äusserer secundärer Widerstand, doch ist es leicht, seiner Entstehung durch die von mir angegebenen Mittel vorzubeugen. Der innere secundäre Widerstand, welcher überall im feuchten porösen Körper seinen Sitz hat, ist in bedeutendem Grade bisher nur im lebenden Pflanzengewebe beobachtet, und kommt daher bei den hier in Rede stehenden Versuchen minder in Betracht.[1]

Die Untersuchung der äusseren und der inneren Polarisation, des äusseren und des inneren secundären Widerstandes der feuchten porösen Körper, die mich mehrere Jahre festhielt, war somit nur ein Glied in der Reihe von Forschungen, in welchen ich den secundär-elektromotorischen Erscheinungen der Muskeln und Nerven nachging. Wenn ich im Verfolgen dieses Hauptzweckes durch jene Vorstudien über die Gebühr aufgehalten wurde, so beschwichtigte meine Ungeduld nicht bloss die offenbare Nothwendigkeit, hier solche sichere Grundlage zu schaffen, sondern auch die Einsicht, dass dieselbe Grundlage für alle physiologisch-elektrischen Versuche gleich unentbehrlich sei.[2]

[1] Ueber den secundären Widerstand ist ferner nachzusehen: H. Munk, Ueber die kataphorischen Veränderungen der feuchten porösen Körper. In *diesem Archiv*, 1873. S. 241 ff.

[2] Vergl. *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 191 ff.

Leider wurde ich noch fast zwei Jahrzehnde lang durch andere Aufgaben davon abgehalten, die errungene Stellung auszunutzen. Etwa um dieselbe Zeit war ich in den Besitz der unpolarisirbaren Elektroden gelangt, ich hatte im physiologischen Kochsalzthon ein unschätzbares Material zum Ab- und Zuleiten der Ströme in physiologisch-elektrischen Versuchen entdeckt, dem Poggendorff'schen Compensationsverfahren die richtige Gestalt gegeben, und etwas später diesen Fortschritten in der Methode noch die Erfindung der aperiodischen Bussole hinzugefügt. So entstand für mich die Nöthigung, mit diesen neueren, den älteren so weit überlegenen Hülfsmitteln fast alle meine Versuche zu wiederholen, in welchen jetzt Messung der elektromotorischen Kräfte an Stelle der Schätzung von Stromstärken trat. Auch die mir vom Auslande zur Untersuchung anvertrauten Zitterwelse aus Westafrika lenkten mich vom Wege ab, und noch jüngst kostete mich die Bearbeitung des Sachs'schen Nachlasses fast zwei Jahre. Die letzteren Zwischenfälle hatten aber die wichtige Folge, dass ich über die secundär-elektromotorischen Erscheinungen an den elektrischen Organen einigen Aufschluss erhielt.

§. VI. Einiges von Vorrichtungen und Versuchsweisen.

Die ausführliche Beschreibung meiner jetzigen Vorrichtungen und Versuchsweisen in diesem Gebiete bleibt späteren Mittheilungen vorbehalten. Doch mag Einiges davon schon hier gesagt werden, damit das Folgende bestimmte Vorstellungen erwecke.

Zu den Versuchen an Muskeln dienten gewöhnlich die in ihrem natürlichen Zusammenhange gelassenen, im Muskelspanner[1] ausgestreckten Mm. gracilis und semimembranosus vom Frosch, wie ich sie seit langer Zeit anwende, wo es gilt, an regelmässigen immobilisirten Muskeln zu arbeiten. Zunächst den Elfenbeinplatten des Spanners werden den Muskeln von der inneren (femoralen) Seite her die Schneiden von Keilbäuschen[2] angelegt, welche den polarisirenden Strom zuführen; dazwischen, von der äusseren Seite her, die Schneiden von Keilbäuschen, welche den Polarisationsstrom ableiten. Des Widerstandes der Sehnen wegen, die sich erhitzen und austrocknen würden, kann man nicht, was sonst grosse Vorzüge hätte, den Muskeln den Strom durch die den Knochenstücken ausserhalb der Elfenbeinplatten angelegten gewöhnlichen Bäusche zuführen. Die beiden Paar

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. I. S. 86; — *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. I. S. 118. 119; — Bd. II. S. 313.

[2] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. I. S. 88. 89.

Schneiden, welche im Folgenden kurz Säulenschneiden und Bussolschneiden heissen, sind mit oft erneutem Thone bekleidet; bei der geringen Dauer der meisten Versuche sind Störungen durch äusseren secundären Widerstand wenig zu fürchten, jedenfalls sind sie stets leicht erkennbar. Der Muskelstrom war durch einen mittels des runden Compensators gewonnenen Zweigstrom einer Raoult'schen Kette compensirt.[1]

Zu den Versuchen an Nerven dienten gewöhnlich die beiden als ein Nerv zusammengefassten Ischiadnerven desselben Frosches. Sie wurden sanft ausgespannt zwischen zwei an einem wagerechten Glasstabe verschiebbaren Korkstücken, auf deren oberer Fläche sie mit Insectennadeln festgesteckt waren; und die beiden Paar Keilbäusche wurden ihnen wie den Muskeln von beiden Seiten her genähert. Für Versuche an Spinalnervenwurzeln dienten theils die unpolarisirbaren Zuleitungsröhren mit Thonspitzen,[2] theils besondere Vorrichtungen.

Eine nicht leicht zu erfüllende Bedingung sicherer Erfolge bei diesen Versuchen ist so vollkommene Isolation des Säulenkreises vom Bussolkreise, dass auch bei sehr grossen elektromotorischen Kräften, wie denen einer fünfziggliederigen Grove'schen Säule, bei offenem Säulen- und Bussolkreise keine Ablenkung an der Bussole entsteht. Das Mittel dazu gab ich schon früher kurz an bei Beschreibung der Versuche über äussere Polarisation an feuchten Leitern.[3] Es besteht darin, jeden der beiden Kreise an zwei Stellen zu unterbrechen.

Die Vorrichtung, welche dies leistet, erfüllt zugleich noch einen anderen Zweck. Sie dient auch zur Beherrschung der Zeit, während welcher der polarisirende Strom durch das Polarisations-Object gesandt wird, oder der Schliessungszeit. Ich besitze mechanische Mittel, um diese Zeit stetig

---

[1] *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 141.

[2] Seit meiner letzten Veröffentlichung experimentellen Inhalts stiess ich an den unpolarisirbaren Zuleitungsröhren mit 'Thonstiefeln' auf eine Erscheinung, welche nicht nur bei deren Gebrauch Beachtung verdient, sondern auch noch sonst interessirt. Hat man ein Paar solcher Röhren, das sich bei Schliessung des Kreises durch gegenseitige Berührung der Spitzen der Thonstiefel so gleichartig wie möglich verhält, und man berührt mit der Spitze des einen Stiefels den dickeren oberen Theil des anderen, dessen 'Wulst', so entsteht ein Strom in der Richtung aus der Spitze in den Wulst. Die Wirkung ist minder deutlich bei frischen als bei schon länger zusammengesetzten Röhren. Sie würde sich durch die Annahme erklären, dass feuchter und minder feuchter Thon miteinander elektromotorisch wirken, jedoch so, dass für eine Reihe immer feuchterer Thonschichten keine Spannungsreihe gilt. — Feuchter und minder feuchter Thon einander zwischen Zinkbäuschen berührend liefern eine Kraft bis zu 0·014 Raoult. — Die Beziehung der elektromotorischen Wirkung zwischen ungleich feuchtem Thon zu den Nobili'schen Thon-Thermoströmen ist noch nicht aufgeklärt.

[3] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. I. S. 2.

von 0·001 bis 0·100 Secunde, dann in passenden Abständen von ungefähr 0·3 bis 20″ Secunden zu verändern. Darüber hinaus kommen die Fehler nicht mehr in Betracht, die man bei Schliessen und Oeffnen mit der Hand nach der Uhr begeht. Dieselbe Vorrichtung besorgt endlich auch die Schliessung des Bussolkreises nach Oeffnung des Säulenkreises nach möglichst kurzer und gleicher Zeit, welche die Uebertragungszeit heisst.

Die zum Polarisiren angewandten galvanischen Apparate waren eine Daniell'sche Kette von der gewöhnlichen (Trinkglas-) Grösse, deren verdünnte Schwefelsäure bei 19°·4 1·03 Dichte besass, und eine Grove'sche Säule aus den bekannten kleinen Elementen, deren ich fünfzig besitze.[1] Um von dem veränderlichen Widerstand der Bäusche, Schneiden, Muskeln u. s. w. unabhängig zu sein, wurde der gute Zustand der Säule mit einer metallischen Schliessung controlirt. Andere Elektromotore werden besonders erwähnt.

Die secundär-elektromotorischen Wirkungen wurden an der aperiodischen Bussole beobachtet. Da diese Wirkungen oft doppelsinnig sind, leistet die Aperiodicität hier ganz besonders werthvolle Dienste; sie macht Vorkehrungen unnütz, wie ich sie ursprünglich anwendete, wodurch der Bussolkreis anstatt möglichst schnell nach Oeffnung des primären Kreises, erst nach kürzerer oder längerer Uebertragungszeit geschlossen wurde.

Endlich versteht es sich von selbst, dass wie bei Elektrotonus-, so auch bei Polarisations-Versuchen stäte Ueberwachung des primären Stromes an einer besonderen Bussole unerlässlich ist. Mit keiner anderen als der Wiedemann'schen Bussole wäre dies hier möglich, wo es sich darum handelt, in aufeinanderfolgenden Versuchen vielleicht die dauernde Ablenkung durch den Strom von dreissig Grove, und den fast zehntausendmal schwächeren Ausschlag durch einen nur wenig Tausendstel einer Secunde anhaltenden Stromstoss von Einem Daniell messend zu vergleichen.

Ich verlor viel Zeit und Mühe mit dem Versuche, die Bussole (P) für den primären oder polarisirenden und die (S) für den secundären Strom im nämlichen Fernrohr abzulesen. Abgesehen von technischen Schwierigkeiten wird der Beobachter dabei mit zu vielen Geschäften auf einmal belastet, und ich kehrte zur einfachsten Art zurück, einen Gehülfen die zweite Bussole ablesen zu lassen.

---

[1] Im Jahre 1849 hatte die Akademie, der ich noch nicht die Ehre hatte anzugehören, die Güte, mir auf meine Bitte für diese Untersuchung eine hundertgliederige Daniell'sche Säule von Siemens und Halske zur Verfügung zu stellen. Ich kehrte aber bald zu den kleinen Grove zurück, die bei grösserer Leistung so viel handlicher sind.

§. VII. Die secundär-elektromotorische Wirkung der Muskeln in ihrer Abhängigkeit von Dichte und Dauer des primären Stromes.

Man stelle sich das Muskelpaar, bestehend aus Gracilis und Semimembranosus, im Muskelspanner so unbeweglich ausgestreckt vor, dass es bei der Zuckung sich nicht merklich verschiebt, die beiden Paar Keilbäusche den Muskeln in der beschriebenen Art angelegt, und den Muskelstrom compensirt. Bei symmetrischer Lage der Schneiden pflegt dieser in den Muskeln aufzusteigen, mit einer Kraft, welche, oft nur unbedeutend, manchmal bis zu 0·017 Raoult beträgt.

Wird nun bei doppelt geöffnetem Bussolkreise den Muskeln ein Strom während kürzerer oder längerer Zeit zugeführt, und wird unmittelbar nach doppelter Oeffnung des Säulenkreises der Bussolkreis geschlossen, so gleicht sich durch letzteren die etwa in den Muskeln erregte secundär-elektromotorische Wirkung ab, und kommt an der Bussole rein zum Vorschein, unter der Bedingung, dass die Compensation ungestört blieb. Bei längerem Säulenschlusse, nachlassender Spannung der Muskeln, heftiger Zuckung ist diese Bedingung nicht immer sicher erfüllt; wozu noch kommt, dass, wenn ein stärkerer Muskelstrom zu compensiren war, die Zuckung Nachwirkung hinterlässt. Inzwischen sind die secundär-elektromotorischen Wirkungen meist zu bedeutend, um mit solchen Strömungen verwechselt zu werden. Sie rühren allein von innerer Polarisation der Muskeln her; selbst wenn an den Säulenschneiden äussere Polarisation in merklichem Grade sich entwickelte, könnte diese sich nicht durch den Bussolkreis abgleichen. Auch überzeugt man sich leicht, dass jede Strecke der Muskeln secundär-elektromotorisch in demselben Sinne wirkt, daher, bei ausreichendem Widerstand des Bussolkreises, die Stärke der Wirkung mit dem Abstand der Bussolschneiden wächst. Bei gleicher Beschaffenheit aller Strecken müssten diese auch gleich stark secundär-elektromotorisch wirken. Abgesehen von der Unmöglichkeit die Schneiden zweimal nacheinander gleich anzulegen, trifft dies an unserem Muskelpaare schon deshalb nicht ein, weil der Semimembranosus sich nach unten verjüngt.[1] Wir werden aber noch einen anderen Grund kennen lernen, weshalb die beiden Hälften eines Muskels nicht gleich stark secundär-elektromotorisch wirken (s. unten S. 21).

Schickt man verschieden starke Ströme verschieden lange Zeit durch die Muskeln, so stellen sich die secundär-elektromotorischen Wirkungen anfangs sehr verworren dar. Man erhält bald negative Ausschläge wie von einem gewöhnlichen innerlich polarisirbaren feuchten porösen Körper, bald

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 161. 315. 575.

dagegen auch positive Ausschläge, als mischte sich äussere Polarisation ein. Wie bemerkt, ist diese hier durch die Anordnung ausgeschlossen, und es zeigt sich denn auch, dass die positive secundär-elektromotorische Wirkung auf positiver innerer Polarisation beruht, ein Verhalten, von welchem die Reihe der von mir auf innere Polarisirbarkeit geprüften Körper kein Beispiel bot. Diese positive innere Polarisation des Muskelgewebes ist also hier das Neue und Interessante,[1] und es handelt sich vor Allem darum, die Bedingungen ihres Auftretens festzustellen.

Dies zu erreichen giebt es keinen anderen Weg, als eine Tabelle mit doppeltem Eingange zu entwerfen, in deren einem Kopfe, etwa dem wagerechten, die Schliessungszeiten stehen, während im senkrechten Kopfe sich die Zahl der Säulenglieder findet. In dem zu einer bestimmten Schliessungszeit und einer bestimmten Stromdichte gehörigen Felde sind einzutragen erstens die Ablenkungen, welche der polarisirende Strom an der Bussole (*P*) erzeugt; zweitens die secundär-elektromotorischen Wirkungen, welche er an der Bussole (*S*) hinterlässt; und zwar beides sowohl bei auf- als bei absteigender Richtung des polarisirenden Stromes.

Das Herstellen solcher Tabelle ist ein sehr mühsames Geschäft. Die durch irgend stärkere und längere Ströme erzeugten secundären Wirkungen sind meist so nachhaltig, dass man fast für jeden Versuch ein frisches Praeparat nehmen muss. Ausgenommen sind nur die Fälle, wo ganz schwache Ströme einen kleinen Bruchtheil der Secunde dauern, da dann die Polarisation flüchtig genug ist, um gleich darauf andere Versuche, insbesondere mit stärkeren und längeren Strömen, folgen zu lassen; so wie, im Gegensatz dazu, die Fälle, wo ein länger dauernder Strom so nachhaltige Polarisation erzeugt, dass man, ohne den Polarisationszustand merklich zu ändern, kurze Zeit den Säulenkreis öffnen, und den Bussolkreis schliessen kann. In den anderen Fällen, wo eine erst schnell, dann langsam sinkende Polarisation hinterbleibt, könnte man nun zwar leicht von Neuem compensiren und so Gleichgewicht im Bussolkreise herstellen. Allein man wäre dann doch nicht sicher, bei wiederholten Versuchen am selben Praeparat die nämliche secundäre Wirkung zu erhalten, wie am frischen Muskel. Will man warten bis die Polarisation sich zerstreute, so verfliesst auch wieder zu lange Zeit, um darauf rechnen zu dürfen, dass der Muskel wie ein frischer sich verhalte.

---

[1] Ich gab zuerst Nachricht davon in meinen '*Untersuchungen*', Bd. I. 1848. S. 240 und Bd. II. Abth. I. 1849. S. 331. — 1852 machte ich darüber der British Association zu Belfast eine ausführlichere Mittheilung (*Report of the twenty-second Meeting of the British Association etc.*; held at Belfast in September 1852. London 1853. *Notices and Abstracts etc.* p. 78). Später spielte ich wieder darauf an in dem Vortrag über die Zitterwelse aus Westafrika (*Monatsberichte der Akademie* u. s. w. 1858. S. 106) und in den *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 206.

Wegen der Nothwendigkeit, dem Muskelpaare das Becken zu lassen, liefert jeder Frosch nur ein Paar, daher jeder Versuch, der nicht unter jene beiden Ausnahmen gehört, einen neuen Frosch kostet. Sollen aber die Ergebnisse vergleichbar sein, so müssen die Frösche erstens der Grösse nach sich nicht zu sehr unterscheiden, zweitens sich in möglichst gleichem Zustande befinden. Erwägt man nun, dass, um zu einer einigermaassen vollständigen Kenntniss der Erscheinung zu gelangen, mindestens etwa zehn Schliessungszeiten und ebensoviel Stromdichten in beiden Richtungen durchzuprobiren sind, was zweihundert Versuche giebt; dass diese zweihundert Versuche möglichst hintereinander an fast ebensoviel möglichst gleich frischen und grossen Fröschen angestellt sein wollen; rechnet man hinzu die unvermeidlichen Fehlschläge und Wiederholungen, so sieht man, dass eine Tabelle, wie die verlangte, die Arbeit vieler Wochen ist, zu der eine grosse Menge günstiger Umstände sich vereinigen muss, und man wird sich nicht wundern, dass ich in so langer Zeit mich nur zweimal daran wagte.

Das erstemal, im Herbst 1855, besass ich noch keine der neuen Vorrichtungen und Versuchsweisen und ich wusste noch nichts vom secundären Widerstande. Ich entdeckte ihn vielmehr erst, leider zu spät, bei dieser Gelegenheit, und die ganze Arbeit, die übrigens jetzt auch sonst veraltet wäre, musste verworfen werden (vergl. oben S. 6).

Erst im vorigen Sommer, 1882, kam ich dazu, eine neue Tabelle auszuarbeiten. Die Schwierigkeiten waren mittlerweile nicht vermindert, denn in dem Maasse, wie die Hülfsmittel vervollkommnet waren, hatten auch die Ansprüche an Genauigkeit sich gesteigert. Als Normalmaass der Frösche setzte ich jetzt 22 ^{cm} zwischen Nasenspitze und längster Zehe fest; grössere Abweichungen als $^1/_2$ ^{cm} liess ich nicht zu. Ich wendete vierzehn Schliessungszeiten an, von 0″·006 bis 25′, und neun Stromstärken, von einem Daniell bis zu vierzig Grove. Ohne die Fehler und Wiederholungen betrug die Zahl der Versuche 198. Es würde dem Charakter der gegenwärtigen Mittheilung nicht entsprechen, diese Tabelle hier vollständig abzudrucken; nur eine Probe will ich davon geben.

	0″·006	0″·076	0″·320	1″·122	4″·626	10″·022	14″·754	20″·018	1′	5′
↑ S	+ 86 ^{sc}	+ 133	+ 109	+ 84	+ 73	— 66	— 79	— 125	— 170	— 119
P	18 ^{sc}	109	400	305	1250	2020	2100	2216	1669 bis 1824	1824 bis 1962
S	+ 79	+ 111	+ 160	+ 164	{ — 15 / + 4	{ — 9 / + 34	{ — 87 / — 112	— 62	— 100	— 24
↓ P	14	178	229	865	2129	1337	2412	1777	1657 bis 1860	1860 bis 2151

Wie nicht gesagt zu werden braucht, zeigt der wagerechte Kopf die Schliessungszeiten, unter Einer Secunde vor dem ersten, unter Einer Minute vor der zweiten senkrechten Doppellinie. Die X bedeutet, dass der polarisirende Strom von zehn Grove herrührte. Die Pfeile geben die Stromrichtung in den Muskeln an. Die wagerechten Reihen S enthalten die Ablenkungen durch den secundären Strom; das Pluszeichen bedeutet positive, das Minuszeichen negative Polarisation. Die Empfindlichkeit der Bussole (S) war vermindert; es wurde nur eine Rolle in 3 ^{cm} Abstand angewendet. Zwei Zahlen hinter einer Klammer zeigen doppelsinnige Polarisation an. In den wagerechten Reihen P finden sich die Ablenkungen durch den primären Strom. Wegen $4'' \cdot 626 > t_{max}$[1] erreicht für diese und für jede grössere Schliessungszeit der durch den primären Strom abgelenkte Spiegel der Bussole (P) die Ablenkung, in welcher er durch den beständigen Strom gehalten werden würde. Die Grösse der hier vorkommenden Zahlen rührt daher, dass die Ablenkungen reducirte sind. Die Bussole war nämlich graduirt, d. h. von 5 zu 5 ^{mm} des Geleises war das relative drehende Moment der Rolle bekannt. Je nach der Stromstärke wurde die Rolle so weit vom Spiegel entfernt, dass sie eine passende Ablenkung A erzeugte. Es heisse m das relative Moment für den Rollenabstand von 20 ^{mm}, m' das Moment für den jedesmal gewählten Abstand, so ist die reducirte Ablenkung $A_r = A \cdot m/m'$. Bei den grössten hier angewandten Stromstärken kamen reducirte Ablenkungen von fast 10000 ^{sc} heraus (vergl. oben S. 10). An den Zahlen P der Tabelle erkennt man übrigens sofort die grosse Unvollkommenheit, welche diesen Versuchen, trotz allen meinen Bemühungen, noch immer anhaftet. Von der Schliessungszeit $4'' \cdot 626$ an sollten sämmtliche Ablenkungen durch den primären Strom dieselben sein; sie schwanken im Verhältniss von 100:180, zum Theil wegen der Unmöglichkeit, den Widerstand des Muskels und der Keilbäusche mit ihrer Thonbekleidung in mehreren aufeinanderfolgenden Versuchen gleich gross zu machen, zum Theil, da diese Erklärung kaum genügt, aus anderen, unbekannten Gründen. Das Wachsen der Stromstärke, wenn die Schliessung Eine Minute und darüber dauert, rührt von Erwärmung der Keilbäusche, ihrer Schneiden und der Muskeln selber her. Bei noch grösserer Stärke und längerer Dauer des Stromes wird diese Wirkung durch äusseren secundären Widerstand an der Eintrittsstelle des Stromes in die Muskeln überwogen (s. oben S. 7).

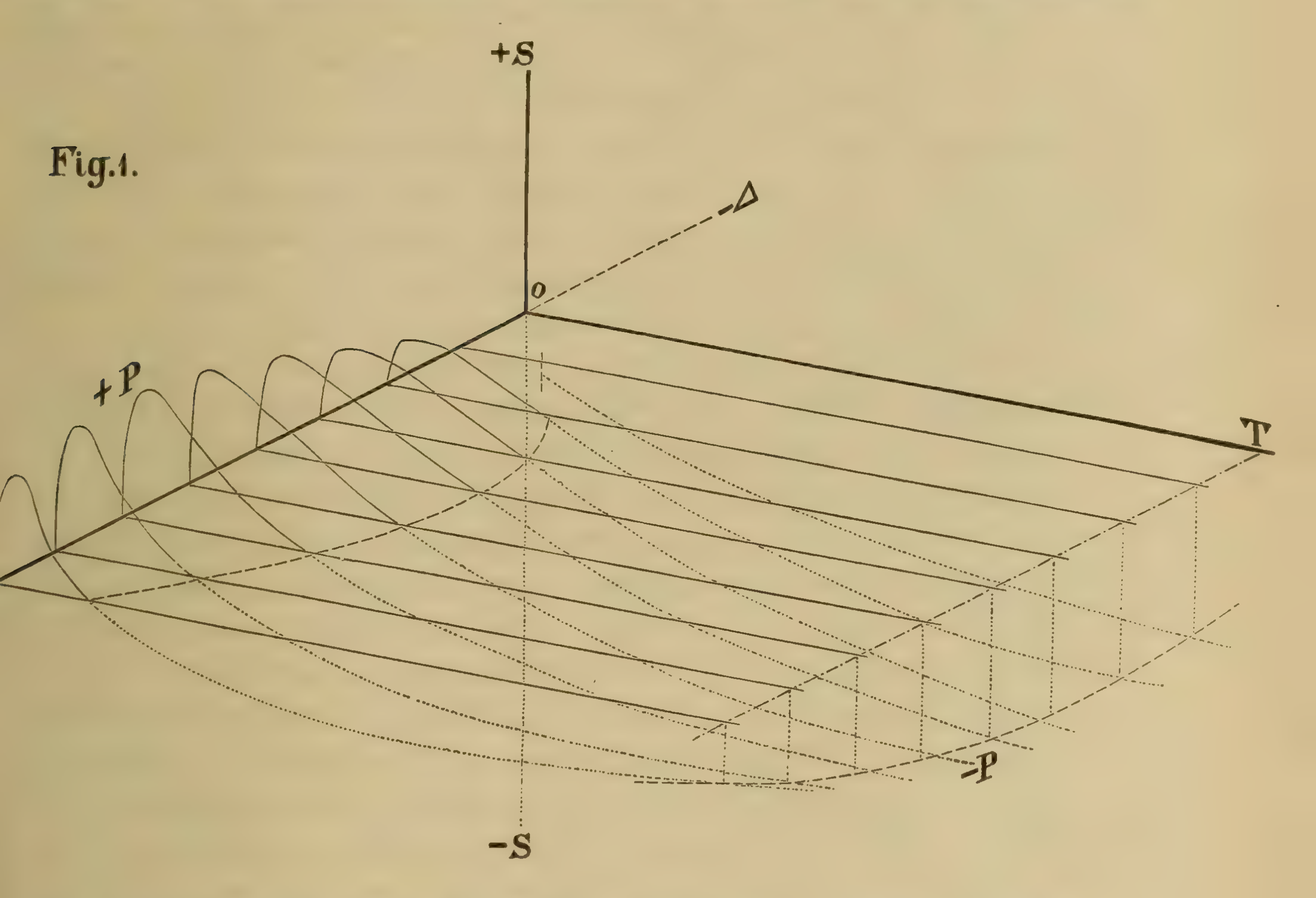
Die Polarisation nach 1′ Schluss war so stätig, dass kurze Zeit der Säulenkreis geöffnet, der Bussolkreis geschlossen werden konnte, ohne den Polarisationszustand merklich zu ändern, so dass kein neues Praeparat genommen zu werden brauchte (s. oben S. 12).

---

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. I. S. 302.

§. VIII. Graphische Darstellung und Discussion der Polarisationscurven bezogen auf die Schliessungszeit.

Wie unvollkommen diese Versuche auch noch seien, es lässt sich ihnen doch schon eine Anzahl wichtiger Schlüsse entnehmen. Die nebenstehende Fig. 1 zeigt zunächst den allgemeinen Gang der Erscheinung. Nennen wir T die Schliessungszeit, $\triangle$ die Dichte des primären Stromes, $\pm s$ die Stärke der secundär-elektromotorischen Wirkung, so ist die perspecti-



visch gesehene, gleichsam gedielte Ebene die T-$\triangle$-Ebene. Auf den, bestimmten Schliessungszeiten und Stromdichten entsprechenden Punkten dieser Ebene sind parallel der S-Axe die secundären Wirkungen aufgetragen, die positiven über, die negativen unter der Ebene. Doch sind nicht die Ordinaten s selber gezeichnet, sondern die Curven, welche die zu einer bestimmten Stromdichte gehörigen Ordinaten verbinden, und also die Stärke der durch diese Stromdichte erzeugten secundären Wirkung als Function der Schliessungszeit vorstellen. Obschon im Allgemeinen von ähnlichem Verlaufe, ändern sich diese Curven doch stätig mit wachsender Stromdichte. In folgenden allgemeinen Eigenschaften kommen sie überein. Der Schliessungszeit Null entspricht natürlich secundäre Wirkung gleich Null. Die Curven gehen also von der $\triangle$-Axe aus. Sie erheben sich schnell zu

einem positiven Maximum, und senken sich dann minder steil, doch immer noch sehr rasch, der T-$\triangle$-Ebene zu. Bis zu dem Punkte, wo sie diese Ebene schneiden, sind sie in der Figur ausgezogen; weiterhin, in ihrem negativen Verlaufe, sind sie punktirt. Hier zeigt sich, in grösserer Entfernung vom Schneidepunkt als das positive Maximum, aber um so früher, je grösser die Stromdichte, ein meist schwächer ausgeprägtes negatives Maximum: bei einem Daniell erst nach 15′, einem Grove nach 10′, zwei Grove nach 5′, fünf Grove nach 1′ u. s. w. Bei 1′ liegt es auch in dem oben mitgetheilten Stück der Tabelle, welches mit zehn Grove gewonnen wurde, und man sieht klar, dass es nicht auf Schwächung des primären Stromes durch secundären Widerstand beruhen kann. Ueber dies negative Maximum hinaus habe ich die Polarisationscurven bezogen auf die Schliessungszeit noch nicht weiter verfolgt. Doch bieten sie vermuthlich nichts Besonderes mehr dar, sondern nähern sich sehr allmählich der Axe der Schliessungszeiten, bis, bei übermässiger Dauer des Versuches, das Ergebniss zuletzt durch allerlei Nebenwirkungen getrübt wird.

Bei Stromdichten unter der von zwei Grove und bei ganz kurzer Schliessungszeit erscheint überhaupt keine an der Bussole bemerkbare Polarisation. Die ersten Spuren, welche man bei einem Daniell und 1″ Schliessungszeit auftreten sieht, sind negativ; negative innere Polarisation der Muskeln erhält man auch, wie ich dies schon vor langer Zeit beschrieb, durch längeres Hindurchleiten eines Stromes von der Ordnung des Muskelstromes.[1] Die ersten positiven Spuren dagegen kommen erst bei zwei Grove und ungefähr 0″·3 Schliessungszeit zum Vorschein.

Die Schliessungszeit, für welche die positive Polarisation in die negative übergeht, mag die kritische heissen. In der Figur sind die Punkte, an welchen die Polarisationscurven bezogen auf die Schliessungszeit die T-$\triangle$-Ebene schneiden, durch eine gestrichelte Curve verbunden. Diese Curve ist also die der kritischen Schliessungszeiten bezogen auf die Axe der Stromdichten als Abscissenaxe. Wie man sieht, hat die Curve der kritischen Schliessungszeiten ein Maximum: in meinen Versuchen lag dies Maximum etwa bei der durch zwei Grove erzeugten Stromdichte, und die kritische Schliessungszeit betrug dann etwa 5″. Bei zwanzig Grove war sie nur etwa 1″.

Verbindet man die positiven Maxima der einzelnen Polarisationscurven bezogen auf die Schliessungszeit durch eine Curve, so zeigt auch diese wieder ein Maximum bei etwa zwanzig bis dreissig Grove; und ebenso zeigt eine Curve, welche die negativen Maxima verbindet, ein Maximum, aber dies schon bei nur einem Grove.

---

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 191. 192.

Es bleibt übrig, von der Grösse dieser Maxima im Vergleich mit dem Muskelstrom eine Vorstellung zu geben. Liess ich durch den Bussolkreis, in welchem das Muskelpaar wie bei einem Polarisationsversuche sich befand, eine elektromotorische Kraft von etwa 0·045—0·055 Raoult, entsprechend der Kraft eines mit dem ganzen[1] künstlichen Querschnitt aufgelegten Gracilis oder Semimembranosus, wirken, so erfolgte, bei der verminderten Empfindlichkeit der Bussole, eine Ablenkung von 235—285^{sc}. Die stärkste negative Polarisation beobachtete ich bei 10′ Minuten langer Schliessung eines Grove, und sie gab 423^{sc}. Die stärkste positive Polarisation erhielt ich durch 0″·075 lange Schliessung von zwanzig Grove; sie betrug 239^{sc}, und blieb also an elektromotorischer Kraft scheinbar etwas hinter dem Muskelstrome zurück. Abgesehen davon, dass der Polarisationsstrom in den ersten Augenblicken schnell sinkt, ist dies noch aus einem anderen Grunde, den wir bald kennen lernen werden, eine trügliche Schätzung. Wie sich die secundär-elektromotorischen Wirkungen der Muskeln der Grösse nach zu denen anderer feuchter poröser Körper verhalten, ist noch nicht untersucht.

Sofern obige Zahlenwerthe für die Lage der Maxima u. d. m. von der Dichte des primären Stromes abhangen, gelten sie natürlich nur für das Muskelpaar von 22^{cm} langen Fröschen bei unserer Art der Zuleitung. Uebrigens darf man nicht erwarten, das Verhältniss zwischen diesen Zahlenwerthen in Fig. 1 treu wiedergegeben zu finden. Räumliche Rücksichten machten dies unmöglich. Da beispielsweise die kritische Schliessungszeit in unseren Versuchen höchstens 5″ beträgt, das Maximum der negativen Polarisation aber erst nach 10 – 15′ eintritt, so müsste die Figur drei bis vier Meter lang sein, um bei den für die ersten Secunden der Schliessung angenommenen Maassen jenes Maximum an der richtigen Stelle zu zeigen; die Stromdichten müssten einen mindestens fünfmal breiteren Raum einnehmen u. d. m.

An die Versuche mit galvanischen Strömen von veränderlicher Stärke und Dauer schliessen sich solche mit Elektromotoren, welche ihrer Natur nach kurze Stromstösse erzeugen; diese geben ohne Weiteres positive Polarisation. Ich fand noch nicht Zeit, derartige Versuche mit den neuen Vorrichtungen und Versuchsweisen anzustellen, und muss mich begnügen, ältere Ergebnisse anzuführen, die im Wesentlichen richtig sein werden. Im December 1846 erhielt ich allem Anschein nach positive Polarisation an den Beinen eines lebenden Frosches mit einer Saxton'schen Maschine, deren Schläge durch einen Stromwender gleichgerichtet werden konnten. Da diese von Oertling für Dove gebaute Maschine[2] in den Besitz des

[1] Vergl. *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 193. 243.

[2] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. I. S. 398 ff; — Wiedemann, *Die Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus.* Bd. II. 2. Aufl. Braunschweig 1874. S. 236.

physiologischen Institutes überging, bin ich in der Lage, jene noch mit sehr unvollkommenen Einsichten und Versuchsweisen angestellten Versuche zu controliren. Schon unter etwas besseren Bedingungen sah ich im November 1855 positive Polarisation am Muskelpaare durch Oeffnungsschläge des Schlitteninductoriums. Endlich auch schon im December 1846 beobachtete ich positive Polarisation an Fröschen, die ich mit einer stark geladenen Leydener Batterie von etwa 0.31 Quadratmeter Belegung erschlug. Die Muskeln sahen blutrünstig aus, und reagirten nur noch spurweise auf weitere Schläge.[1]

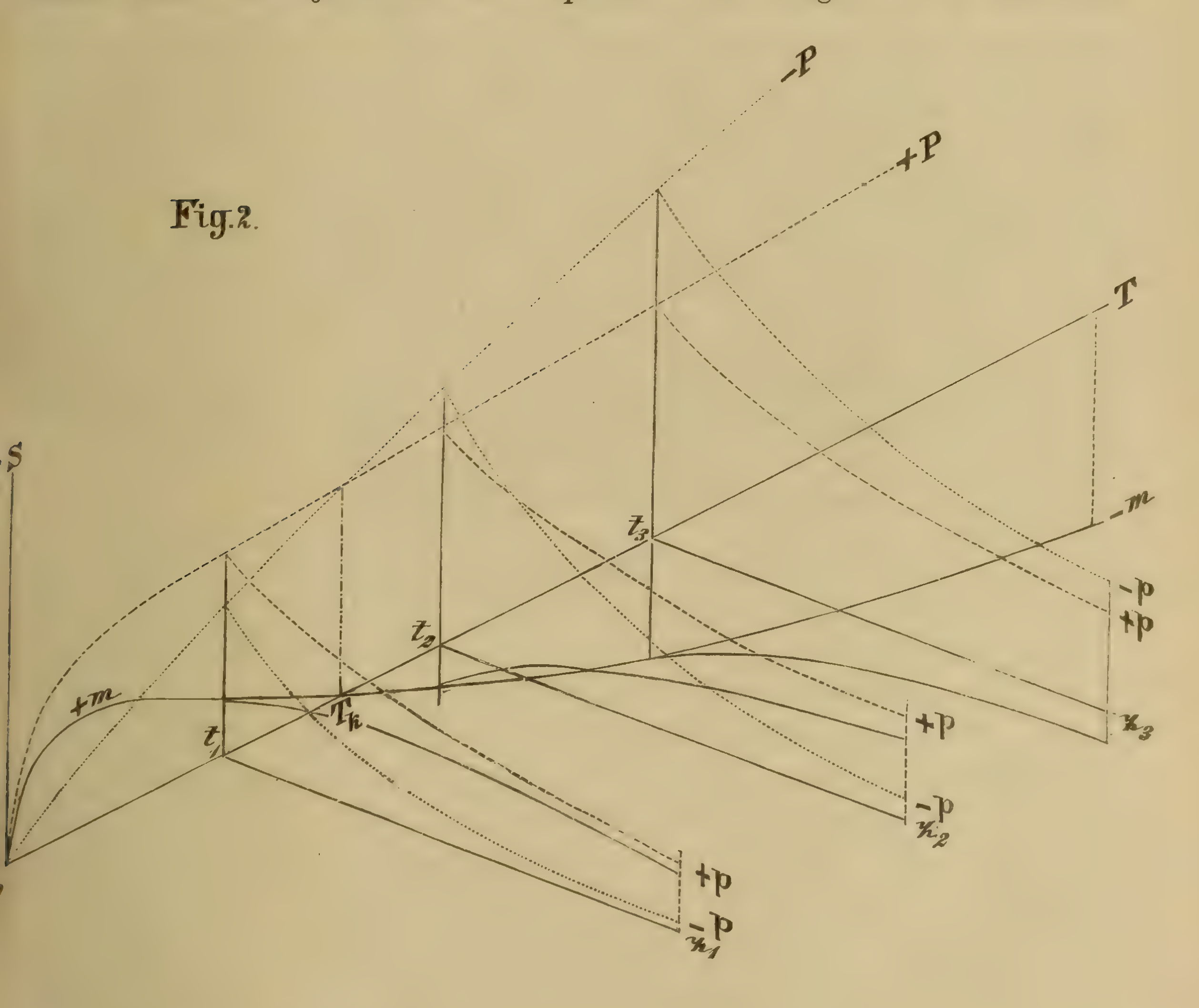
§. IX. Von den Polarisationscurven bezogen auf die Zeit nach Oeffnung des primären Stromes.

Die Polarisation der Muskeln kann nun noch in Bezug auf ihren zeitlichen Verlauf nach Oeffnung des primären Stromes studirt, und dieser Verlauf durch eine auf die seitdem verflossene Zeit bezogene Curve dargestellt werden. Diese Zeit heisse die Oeffnungszeit. Im Allgemeinen erscheint sowohl die positive wie die negative Polarisation sehr nachhaltig, und schon oben S. 13 wurde der Schwierigkeiten gedacht, welche daraus jedesmal erwachsen, dass man an demselben Muskel mehrere Versuche nach einander anstellen will. Nachdem der Muskel stärkere positive Polarisation annahm, können zwanzig Minuten und mehr vergehen, bis er sich seinem ursprünglichen Zustande wieder soweit genähert hat, dass man den Unterschied vernachlässigen kann. Da auch ohne polarisirt zu sein, der Muskel während dieser Zeit seinen elektromotorischen Zustand nicht unverändert bewahrt haben würde, ist es nicht einmal möglich zu sagen, ob und wann die Wiederherstellung vollendet ist. Ebenso verhält es sich mit der negativen Polarisation.

Allein die Polarisationscurven bezogen auf die Oeffnungszeit bieten andere, wichtige Besonderheiten dar. Geschieht die Oeffnung um die kritische Zeit, so erfolgt sehr oft doppelsinnige Ablenkung, zuerst negativer, dann positiver Polarisation entsprechend. Der Uebergang rein positiver Polarisation in rein negative durch solche doppelsinnige Wirkung lässt sich auf die in Fig. 2 dargestellte Art erklären. Man hat sich nicht zu denken, dass von der Oeffnung des primären Kreises bis zum Umschlagen der Polarisation diese einfach positiv, darüber hinaus einfach negativ sei. Vielmehr sind vom Augenblick der Schliessung an beide Polarisationen vorhanden, und wachsen nach verschiedenem Gesetz, indem die negative Pola-

[1] Vergl. *Untersuchungen* a. a. O. S. 181. 182.

risation mehr der Schliessungszeit proportional zunimmt, die positive zuerst schnell, dann langsam ansteigt. In der Figur ist dies auf der senkrechten Ebene dargestellt, welche sich, perspectivisch gesehen, von vorn und links nach hinten und rechts erstreckt. In dieser Ebene ist die Abscissenaxe *0 T* die wachsende Schliessungszeit, die gestrichelte Curve *0* (+ *P*) ist die der positiven, die punktirte *0* (− *P*) die der negativen Polarisation für eine bestimmte Stromdichte bezogen auf die Schliessungszeit. Denkt man sich die Ordinaten dieser componirenden Curven[1] algebraïsch summirt, und deren Unterschied je nach seinem positiven oder negativen Werth ober-



oder unterhalb der Abscissenaxe aufgetragen, so entsteht die ausgezogene resultirende Curve *0* (+ *m*) T_k (− *m*), welche bei T_k, der kritischen Schliessungszeit, die Abscissenaxe *0 T* schneidet, und in der That nichts ist, als eine der Polarisationscurven bezogen auf die Schliessungszeit, wie sie in Fig. 1 vorkamen. Das negative Maximum bei längerer Schliessungszeit erklärt sich durch die Annahmen, dass entweder die Curve der nega-

[1] Vergl. *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 215.

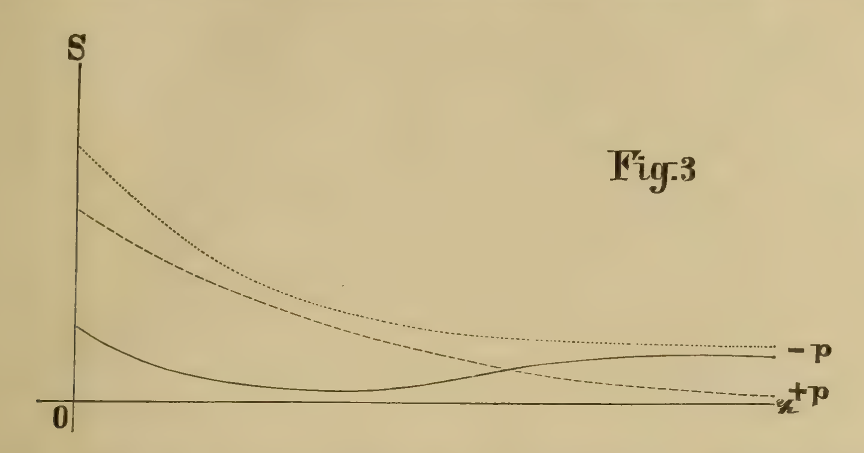
tiven Polarisation zu sinken, oder langsamer als die der positiven zu steigen, oder dass diese schneller zu steigen anfängt (s. unten S. 27, 57).

Auf senkrechten Ebenen, welche unter einem rechten Winkel an die *S*-*T*-Ebene der Polarisationscurven bezogen auf die Schliessungszeit stossen, sind nunmehr die componirenden Polarisationscurven bezogen auf die Oeffnungszeit dargestellt; die Abscissenaxen $t_1 z_1$, $t_2 z_2$, $t_3 z_3$ sind jedesmal die wachsende Oeffnungszeit. Die Polarisationscurven bezogen auf die Oeffnungszeit sind entsprechend behandelt wie die bezogen auf die Schliessungszeit, aus welchen sie gleichsam hervorgehen: die componirenden positiven sind gestrichelt, die componirenden negativen punktirt, die resultirenden sind ausgezogen. Dabei ist die Annahme gemacht, dass die positive Polarisation langsamer, die negative schneller in der Zeit abfällt. Nun zeigt ein Blick auf die Figur, dass beim Oeffnen des primären Stromes zur Zeit t_1 die Polarisation stets positiv bleiben werde. Beim Oeffnen zur Zeit T_k, wenn man sie träfe, wäre die Polarisation Null im ersten Augenblick, nachher positiv. Beim Oeffnen zur Zeit t_2 aber erfolgt doppelsinnige Wirkung, zuerst negativ, dann positiv. Weiterhin, bei t_3, ist die negative Polarisation, welche mehr der Schliessungszeit proportional wächst, so hoch über die von Anbeginn mehr auf gleicher Höhe verharrende positive gelangt, dass trotz dem steileren Abfall der negativen Curve die Curven sich nicht mehr schneiden, und rein negative Polarisation erscheint.

Ausser den doppelsinnigen Wirkungen, welche so sich befriedigend erklären, kommen in dem zeitlichen Verlaufe der Polarisationsströme noch manche Besonderheiten vor, die, da sie nicht gesetzmässig unter bestimmten Umständen auftreten, schwer mit Sicherheit zu deuten sind. In seltenen Fällen erfolgt doppelsinnige Polarisation mit positivem Vorschlage, negativer Hauptablenkung. Oft steigt die Polarisation sehr langsam an, was wohl auf Schwinden der entgegengesetzten beruht. Manchmal sind die Wirkungen zwar einsinnig, aber doppelt sofern die Ablenkung erst ein Maximum erreicht, dann zu einem Minimum sinkt, und nun abermals zu einem Maximum anschwillt, welches manchmal sogar über dem ersten liegt. Ein Fall der Art findet sich in der obigen Tabelle bei absteigendem Strom und 14″·754 Schliessungszeit. Dies erklärt sich durch einen Gang der componirenden Curven bezogen auf die Oeffnungszeit, bei welchem die eine vollständig über der anderen verläuft, aber stärker gegen die Abscisse convex ist, so dass sie sich der unteren Curve erst nähert, dann von ihr entfernt, wie Fig. 3 zeigt.

Es ist unmöglich, diesen noch sehr unvollkommen erforschten Einzelheiten hier weiter nachzugehen. Das Wichtige, was schon jetzt daraus sich ergiebt, besteht in der Nöthigung, die Coëxistenz der beiden Polari-

sationen im Muskel anzunehmen, woraus sogleich folgt, dass die scheinbare Grösse, in welcher uns die resultirende positive oder negative Polarisation



entgegentrat, über die wahre Grösse der componirenden Polarisationen nichts lehrt; denn man bekommt nur den Unterschied letzterer zu sehen, welche sehr viel grösser sein können, als ihr Unterschied (s. oben S. 17).

§. X. Vom Einflusse der Richtung des primären Stromes auf die secundär-elektromotorischen Wirkungen der Muskeln.

Ich übergehe die zufälligen Wahrnehmungen und die lange Reihe vorbereitender Untersuchungen, welche mich schliesslich zur Einsicht führten, dass an einem regelmässigen Muskel, beispielsweise unserem Muskelpaare, die obere Hälfte in aufsteigender, die untere in absteigender Richtung stärkere positive Polarisation zeigt. Die beste Art, dies darzuthun, besteht darin, den primären Strom abwechselnd in beiden Richtungen erst durch die eine, dann durch die andere Muskelhälfte zu senden, indem man zwischen den einzelnen Stromstössen einen stets gleichen Zeitraum lässt, welcher die Zerstreuung der Polarisation bis auf einen kleinen Rest gestattet, den man dann compensirt. Will man deren völliges Verschwinden abwarten, so wird man zu einer so langen Pause zwischen den einzelnen Versuchen gezwungen, dass daraus grosse Uebelstände erwachsen. Will man, ohne sich an die Zeit zu kehren, jedesmal warten, bis die Polarisation einen gewissen relativen oder absoluten Werth erreichte, d. h. bis sie entweder auf einen gewissen Bruchtheil ihres ursprünglichen Betrages oder auf eine gewisse Zahl von Scalentheilen oder Compensatorgraden sank, so geräth man auch in allerlei Ungewissheiten. Bei kurzer Schliessungszeit eines stärkeren Stromes leistet erstere Versuchsweise immer noch die besten Dienste. Jedenfalls ist sie der statistischen Methode vorzuziehen, welche darin besteht, einen mittleren Werth für die positive und für die negative Polarisation an beiden Hälften aus Versuchen an stets erneuten Muskeln

zu gewinnen, so dass jede Muskelhälfte nur einmal in Einem Sinne durchflossen wird. Die durch die Ungleichmässigkeit der Zuleitung bedingten Schwankungen in der Stärke des primären Stromes sind, wie wir schon oben S. 14 erfuhren, trotz aller Sorgfalt so bedeutend, dass zu ihrer Ausgleichung eine ganz ausserordentliche Zahl von Versuchen gehören würde.

Aber auch wenn einer und derselben Hälfte des Muskelpaares die Säulenschneiden unverrückt anliegen, ist nicht darauf zu rechnen, dass der primäre Strom in beiden Richtungen gleich stark sei. Für den elektrischen Strom gilt bekanntlich kein solches Gesetz der Reciprocität wie für den Lichtstrahl. Durch dieselbe Reihe von Leitern in entgegengesetzter Richtung wirkend, erzeugt dieselbe elektromotorische Kraft oft sehr verschieden starken Strom. Die Nothwendigkeit, über die Bedingungen der irreciproken Leitung elektrischer Ströme klar zu sehen, gab die Veranlassung zu einigen Versuchen von Hrn. von Beetz und mir, welche wiederum der Keim von Hrn. Prof. Christiani's gründlichen Untersuchungen über diesen Gegenstand wurden.[1] Ich habe mich davon überzeugt, dass durch einen Thonstab, dem der Strom wie einem Muskel zugeführt wird, völlig genügende Reciprocität der Leitung stattfindet.

Doch wird man sich selbstverständlich nicht auf diese allgemeine Erfahrung verlassen, sondern gerade hier am meisten darauf bedacht sein, die Stärke des primären Stromes neben der des secundären aufzuzeichnen. Hr. Prof. Georg Quincke, damals noch in Berlin, hatte die grosse Güte, mir bei den älteren Beobachtungen der Art behülflich zu sein, während neuerlich Hr. Prof. Christiani mir zur Seite stand, dem ich überhaupt für seine Unterstützung bei der jetzigen Organisation meiner Versuche zum wärmsten Danke verpflichtet bin. Folgende Tabelle giebt ein Bild davon, um wie grosse Unterschiede es sich an den beiden Muskelhälften handelt. Man hat sich zu denken, dass von den Bussolschneiden stets die eine dem Aequator des Muskelpaares anliegt, die andere unmittelbar entweder über der unteren, oder unter der oberen Säulenschneide.

Zehn Grove. Schliessungszeit 0″·320.

1. Obere Hälfte.

Muskelstrom: 189^{sc}, $21^{cgr}\downarrow$.

S	↑	+ 113^{sc}	↓	+ 93	↑	+ 145	↓	+ 81	↑	+ 159	↓	+ 64
P		171^{sc}		169		153		159		180		190

[1] Arthur Christiani, *Beiträge zur Elektricitätslehre.* Ueber irreciproke Leitung elektrischer Ströme u. s. w. Berlin 1876.

2. Untere Hälfte.

Muskelstrom: 214sc, 22.5cgr ↑.

S	+ 294 ↑	+ 199	+ 285 ↑	{− 3 + 136}	+ 255 ↑	{− 9 + 92}
P ↓	200	160 ↓	160	169 ↓	185	180

3. Nochmals obere Hälfte.

Muskelstrom: 264sc, 27cgr ↓.

S	+ 34 ↑	+ 87
P ↓	210	220

4. Nochmals untere Hälfte.

Muskelstrom: 285sc, 30cgr ↑.

S ↑	{− 16 + 38}	+ 142
P	190 ↓	190

Die Summe der aufsteigenden positiven Polarisationen in der oberen Muskelhälfte ist 504, die der absteigenden 272. Für die untere Hälfte sind die entsprechenden Zahlen 976 und 465. Die Zahlen an sich sind, nebenbei gesagt, nicht mit denen oben S. 13 zu vergleichen, da diesmal die Rolle der Bussole auf Null stand.

Ein Blick auf die Tabelle lehrt, dass nicht daran zu denken ist, die Ueberlegenheit der positiven Polarisation von Schwankungen in der Stärke des primären Stromes abzuleiten. Diese Schwankungen, welche zum Theil von Fehlern der die Schliessungszeit regelnden Vorrichtung herrühren, sind zuweilen unmerklich, zuweilen haben sie den verkehrten Sinn von dem, welchen sie haben müssten, um Verdacht zu erregen, und wenn sie dazu den richtigen Sinn haben, sind sie viel kleiner, als dass der Verdacht gegründet erscheinen könnte. Ohnehin sprechen gegen solche Erklärung die Fälle, deren die Tabelle drei bietet, wo bei der für die positive Polarisation minder günstigen Richtung des polarisirenden Stromes ein negativer Vorschlag erscheint, vollends die nicht seltenen Fälle, wo die Polarisation rein negativ wird, da bei gleicher Schliessungszeit doppelsinnige Wirkung oder negative Polarisation vielmehr stärkeren polarisirenden Strom voraussetzen. Diese Fälle schliessen auch die Vorstellung aus, dass es sich um ein Widerstandsphaenomen handele.

Eine andere Vermuthung, welche sich hier darbietet, verdient dagegen ernstliche Erwägung. Die ganze Erscheinung könnte nämlich auf Täuschung beruhen. Wie sich nach dem Gesetze des Muskelstromes von selbst versteht, und wie auch für den vorliegenden Fall aus der Tabelle erhellt,

herrscht in der oberen Muskelhälfte ab-, in der unteren aufsteigender Muskelstrom. Die negative Schwankung, und deren Nachwirkung, stellt sich also in der oberen Hälfte als aufsteigende, in der unteren als absteigende elektromotorische Wirkung dar. Demnach wird sich die Nachwirkung in der oberen Hälfte bei aufsteigendem polarisirendem Strome der positiven Polarisation hinzufügen, bei absteigendem davon abziehen. In der unteren Hälfte wird, *mutatis mutandis*, dasselbe geschehen. Da nun beim Durchgang des polarisirenden Stromes der Muskel zuckt, so wäre, ohne irgend Neues zu Hülfe zu nehmen, Alles aus Altbekanntem erklärt.

Auf doppelte Art glaube ich bewiesen zu haben, dass diese Erklärung, obwohl denkbar, nicht richtig ist.

Erstens verschaffte ich mir eine Vorstellung davon, welche Grösse denn die Nachwirkung hier erreichen könne. Statt der polarisirenden Säule liess ich den die Schliessungs- und die Uebertragungszeit regelnden Mechanismus (s. oben 9. 10) den primären Kreis des Schlitteninductoriums schliessen. Am Muskelpaare hing noch der Nerv, und lag den Platinblechen der 'stromzuführenden Vorrichtung' auf.[1] Bei dem Spiele jenes Mechanismus wurde also der Muskel, statt polarisirt, während eines Bruchtheiles einer Secunde tetanisirt, und zwischen Ende des Tetanus und Schliessen des Multiplicatorkreises verfloss dieselbe Uebertragungszeit, wie zwischen Ende des polarisirenden Stromes und demselben Augenblick. Es ergab sich in mehreren nach den damaligen Ansprüchen untadelhaften Versuchen, dass bei dieser Versuchsweise die Nachwirkung nur spurweise sichtbar wird, und keinenfalls im Stand ist, die beobachteten Unterschiede der Polarisation zu erklären. Eigentlich liess sich dies vorhersehen, da die Nachwirkung mit der Dauer des Tetanus wächst, dieser aber hier nur ganz kurze Zeit anhält.

Zweitens schnitt ich die Muskeln am Aequator bis etwa zur Hälfte ihrer Dicke ein, so dass eine klaffende Wunde entstand, die sich als künstlicher Querschnitt verhielt. Der Wunde zunächst wurde der sonst am Aequator befindliche Keilbausch angebracht. Der Muskelstrom hatte nun in beiden Hälften die verkehrte Richtung, und folglich musste sie auch die negative Schwankung haben. Dennoch hatte nach wie vor die aufsteigende positive Polarisation in der oberen, die absteigende in der unteren Muskelhälfte die Oberhand.

Wenn ich demnach als ausgemacht betrachte, dass die positive Polarisation in den beiden Muskelhälften in der Richtung vom Aequator nach den Enden stärker ist als in der anderen, so soll doch dieser Ausdruck

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. I. S. 350. — Es war im März 1857, vor der Zeit des physiologischen Thones und der unpolarisirbaren Elektroden. Der Muskelstrom wurde am Nervenmultiplicator beobachtet.

nur die unmittelbare Erscheinung wiedergeben, denn keineswegs ist diese eindeutig. Nennen wir die durch aufsteigenden Strom erzeugte positive und negative Polarisation beziehlich $P_{\uparrow}$, $\Pi_{\uparrow}$, die entsprechenden Polarisationen durch den absteigenden Strom ebenso $P_{\downarrow}$, $\Pi_{\downarrow}$, so ist der Thatbestand, dass nicht $P_{\uparrow} - \Pi_{\uparrow} = P_{\downarrow} - \Pi_{\downarrow}$, sondern dass in der oberen Muskelhälfte das linke, in der unteren das rechte Glied das grössere ist. Natürlich kann dies durch viele Combinationen von positiven und negativen Veränderungen der vier Termen zu Stande kommen, von welchen aber zwei besonders in's Auge zu fassen sind. Entweder es ist

$$P_{\uparrow} \gtrless P_{\downarrow}, \text{ oder } \Pi_{\uparrow} \gtrless \Pi_{\downarrow};$$

das obere Zeichen gilt in der oberen, das untere in der unteren Muskelhälfte. Welcher Fall in Wirklichkeit stattfinde, wird sich unten mit einiger Wahrscheinlichkeit entscheiden lassen.

Eine merkwürdige Thatsache, welche sich auch in der Tabelle ausspricht, ist die grössere Stärke aller secundären Wirkungen in der unteren Muskelhälfte. Lässt man die negativen Vorschläge bei Seite, so beträgt die Summe dieser Wirkungen in der oberen Hälfte 776, die in der unteren 1341^{sc}. Die entsprechenden Zahlen für den primären Strom sind 1452 und 1434^{sc}. Der Unterschied der secundären Wirkungen erklärt sich nicht aus der abwärts verjüngten Form des Semimembranosus, denn ich habe ihn auch am symmetrisch gebauten Gracilis wahrgenommen. Mit symmetrisch dem Muskelpaar angelegten Bussolschneiden müsste man, bei abwechselnd auf- und absteigendem polarisirenden Strome, in absteigender Richtung stärkere positive Polarisation erhalten, als in aufsteigender. Dies habe ich schon im Januar 1857, zwar mit minder vollkommenen Hülfsmitteln, doch mit genügender Schärfe, in der That beobachtet.

Wichtig ist die Bemerkung, dass bei längerer Dauer der hier beschriebenen Versuchsreihen deren Erfolg unsicher wird, und zuletzt sich oft in das Gegentheil verkehrt, so dass beispielsweise in der oberen Muskelhälfte nicht nur die absteigende positive Polarisation stärker ausfällt, sondern sogar bei aufsteigendem primären Strome negative Polarisation erscheint.

Ein Umstand verdient endlich noch Erwähnung, der in der Tabelle so entschieden hervortritt, dass ich trotz seiner Paradoxie ihn als vollgültig betrachten muss. Bei sehr starken absteigenden Strömen nämlich wird nach der kritischen Schliessungszeit, die sich wie gewöhnlich durch doppelsinnige Ausschläge kennzeichnet, die Polarisation im ganzen Muskelpaar wieder positiv. Bei zwanzig Grove war von diesem Verhalten erst eine Spur da; bei dreissig Grove war es stärker, bei vierzig aber so stark aus-

geprägt, dass ich bei 20″; 1′; 5′ Schliessungszeit durch den aufsteigenden Strom beziehlich erhielt: — 125; — 112; durch den absteigenden: + 165; + 166; + 117[sc]. Ob und wie dies mit der verschiedenen Polarisirbarkeit der beiden Muskelhälften in beiden Richtungen zusammenhänge, ist noch ganz dunkel. Um das Verhalten in Fig. 1 aufzunehmen, hätten die Curven auch jenseit der T-Axe, von der (— △)-Axe aus, entworfen werden müssen. Dies lohnte sich um so weniger, als, wie man jetzt sieht, eigentlich für jede Muskelhälfte solche Doppelfigur nöthig wäre.

Polarisationsversuche bei querer Richtung des primären Stromes im Muskel stossen auf grosse Schwierigkeiten, und sind noch nicht befriedigend durchgeführt.

§. XI. Vom Einflusse verschiedener Umstände auf die Polarisation der Muskeln.

Vor allen Dingen ist hervorzuheben, dass die positive innere Polarisation der Muskeln nur im Zustand des Lebens wahrgenommen wird.

Von der negativen inneren Polarisation hatte ich früher berichtet, dass sie auch an gekochten Muskeln noch vorhanden sei.[1] Dies war ein Irrthum, wie ich später erkannte, als ich statt an ganzen Gliedmaassen, an einzelnen Muskeln experimentirte. Die innere Polarisirbarkeit der Froschmuskeln wird durch Abbrühen, vollends durch Kochen, vernichtet. Dennoch findet man, wie ich richtig gesehen hatte, an einem ganzen gesottenen Froschbeine starke innere negative Polarisation. Bei näherer Untersuchung zeigt sich aber, dass während die Muskeln selber völlig unwirksam wurden, diese Polarisation im Kniegelenk, also in Knochen oder Bändern oder beiden, ihren Sitz hat. Auch das Fussgelenk eines gesottenen Unterschenkels findet man stark polarisirbar. Im Fall des ganzen Beines dienen also die Muskelmassen der Gliedmaassen nur den Gelenken als Zuleitung.

Auf andere Weise abgestorbene Muskeln — Rindfleisch vom Schlächter, Froschmuskeln, welche 48 Stunden in der feuchten Kammer oder in Wasser lagen, oder über Chlorcalcium getrocknet und wieder aufgeweicht wurden — zeigten am Nervenmultiplicator noch schwache Reste negativer innerer Polarisirbarkeit durch den Strom von fünfzig Grove.

Abbrühen und Kochen der Muskeln üben demnach auf die innere Polarisirbarkeit einen besonders verderblichen Einfluss. Bei derselben Gelegenheit fand ich (im September 1855) die seitdem von Hrn. Joh. Ranke genauer untersuchte Thatsache, dass Kochen den eigenthümlichen Wider-

---

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. I. S. 378. 379.

stand der Muskeln erheblich vermindert.[1] Ob diese Thatsache und die Vernichtung der inneren Polarisirbarkeit der Muskeln durch Kochen mit einander zusammenhängen, werden wir später erwägen (s. unten S. 55. 56).

Ich glaube bemerkt zu haben, dass auch der längere Hindurchgang eines sehr starken Stromes die Polarisirbarkeit vernichtet. Dies würde erklären, warum sich ein Maximum der negativen Polarisirbarkeit, und zwar um so früher einstellt, je dichter der Strom. Wie dem auch sei, in meinen Tagebüchern sind Fälle verzeichnet, wo trotz der Vernichtung der Polarisirbarkeit durch einen starken Strom die Muskeln noch zuckten; bei der Unvollkommenheit meiner älteren Versuche bin ich aber dieser Dinge nicht gewiss, und führe sie nur an, um anzudeuten, was es hier wohl Alles noch zu ermitteln gebe.

Zwischen Kochsalzlösung und Muskelfleisch entwickelt sich, wie zwischen derselben Lösung und anderen thierischen Geweben (s. oben S. 6), positive Polarisation. Eine Scheibe Rindfleisch, in welcher der Strom nur mässige Dichte erlangt, giebt zwischen Salzbäuschen nur positive, ein langer dünner Streif doppelsinnige oder rein negative Polarisation in geringem Betrage, weil dann die negative innere neben der positiven äusseren Polarisation zum Vorschein kommt.

Dass die Gliedmaassen eines lebenden Frosches positive innere Polarisation annehmen, sahen wir oben S. 17. 18. Ich habe solche Versuche aber auch schon früh am lebenden Menschen angestellt. In den Jahren 1845 und 1846 hatte ich mir eine kräftige Volta'sche Säule ursprünglichster Einrichtung, bestehend aus 150 Zinkkupfer-Plattenpaaren, verschafft. Von diesen Paaren waren 100 kreisrund bei $1\frac{1}{2}''$ Durchmesser, 50 viereckig bei $2\frac{1}{2}''$ Seite. Sollte die Säule gebraucht werden, so kamen als feuchte Leiter zwischen den Plattenpaaren Pappscheiben getränkt mit ziemlich concentrirter warmer Salmiaklösung zu liegen. Mit der letzten Zinkplatte verbunden tauchte eine Kupfer-, mit der letzten Kupferplatte verbunden eine Zinkplatte in je ein Becken mit gesättigter Kochsalzlösung. Zuerst wurden die Zeigefinger in den Zuleitungsgefässen des Muskelmultiplicators auf ihre Gleichartigkeit geprüft. Dabei stiess ich natürlich auf dieselben, seitdem durch die Compensationsmethode überwundenen Schwierigkeiten, wie bei den Versuchen über negative Schwankung durch willkürlichen Tetanus.[2] Nun wurden die Finger in die Säulenbecken getaucht,

[1] Joh. Ranke, *Tetanus.* Eine physiologische Studie u. s. w. Leipzig 1865. S. 10. 19 ff.

[2] *Monatsberichte der Akademie* u. s. w. 1852 S. 111; — Moleschott's *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere* u. s. w. 1857. Bd. II. S. 247; — *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. II. S. 186 ff.

um den Schlag zu nehmen, und darauf wieder in die Zuleitungsgefässe, um die secundär-elektromotorische Wirkung zu beobachten.

Die Schläge der Säule waren keine Kleinigkeit. Mit voller Hand genommen spürte man sie bis in die Schultern, und während des dauernden Schlusses hatte man jene Empfindungen von Wärme und Kälte, welche im Anfange des Jahrhunderts Joh. Wilh. Ritter zum Gegenstand seiner naturphilosophischen Constructionen machte.[1] Meine Jugendfreunde Wilh. Beetz, Ernst Brücke, Karl v. Erlach, J. G. Halske, Gustav Karsten theilten damals mit mir die Beschwerden dieser Versuche; ich bin glücklich, nach fast vierzig Jahren ihnen hier meinen Dank abstatten zu können. Das Ergebniss war zunächst ein regelloses Durcheinander positiver und negativer Ausschläge; doch gelang es bald, die Erscheinungen zu beherrschen. Nach kurzem Säulenschlusse erfolgte positive, nach langem (15″ waren Alles, was man aushalten konnte) negative Polarisation; nach mässig langem Schlusse bei schnellem Uebertragen der Finger aus dem Säulenbecken in die Zuleitungsgefässe, negative, bei langsamem Uebertragen positive Polarisation.

Die Wirkungen waren stark genug, um zu versuchen, ob sie nicht am stromprüfenden Schenkel sich würden sichtbar machen lassen. Wirklich war dies der Fall. Auf Humboldt'sche Weise[2] wurden dem Nerven zwei Stücke Rindfleisch als Zuleiter angelegt: berührte ich diese mit den Fingern, nachdem ich mich im Säulenkreise polarisirt hatte, so zuckte der Schenkel auf das Lebhafteste. Da es nicht gelingt, durch willkürlichen Tetanus den Froschschenkel zum Zucken zu bringen, ist es von einigem Interesse, dass man es durch secundär-elektromotorische Wirkung vermag.

Versuche, den menschlichen Körper mittels des Schlages der Leydener Batterie zu polarisiren, blieben erfolglos. Im Ganzen erscheinen diese Thatsachen in völliger Uebereinstimmung mit denen an den Froschmuskeln und lebenden Fröschen. Leider sind sie mit einer Unsicherheit behaftet, welche sie bis auf Weiteres entwerthet. Ich kannte damals noch nicht die Polarisation an der Grenze von Elektrolyten. Ich achtete nun wohl darauf, ob die Finger nach dem Schliessen der Säule in der Art wie die Enden eines durchströmten Frosches sauer und alkalisch reagirten, und fand auch, bei längerer Dauer des Schlusses, einmal Spuren saurer Reaction an dem einen Finger, doch erschienen sie mir zu unbedeutend, um weiter Etwas darauf zu geben, um so mehr, als absichtliches Verunreinigen der Finger mit verdünnter Salpetersäure und Kalilauge keine mit den zu erklärenden

---

[1] *Untersuchungen* u. s. w. Bd. I. S. 356. 357.

[2] *Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser* u. s. w. Posen und Berlin 1797. Bd. I. S. 35 ff.

vergleichbare Wirkungen hervorbrachte. Ich begreife aber heute nicht, warum ich nicht den Versuch so abänderte, dass beispielsweise mit den Zeigefingern der Schlag genommen, von den Mittelfingern die secundär-elektromotorische Wirkung abgeleitet wurde. Bis der Versuch in dieser oder einer ähnlichen Form geglückt ist, bleibt der Verdacht auf ihm ruhen, dass es sich darin nur um äussere positive Polarisation in der Haut, nicht um innere positive Polarisation der Muskeln handele.

Dagegen ist kein Grund vorhanden zu bezweifeln, dass die in diesen Versuchen beobachteten negativen Ausschläge auf ächter innerer Polarisation beruhten, und diese neue Wirkung des Stromes im menschlichen Körper scheint mir der Aufmerksamkeit der Elektrotherapeuten einigermaassen werth zu sein.

Ob die Froschzuckungen durch die polarisirten menschlichen Gliedmaassen von positiver oder negativer Polarisation herrührten, kann ich noch nicht angeben.

§. XII. Die positive innere Polarisation der Muskeln im Conflict mit Tetanus.

Eine der merkwürdigsten Beziehungen, welche die positive innere Polarisation der Muskeln zeigt, besteht darin, dass sie durch deren Thätigkeitszustand beeinflusst wird, und zwar nimmt der tetanisirte Muskel weniger starke Polarisation an, als der ruhende.

Der Versuch ist schwierig wegen der sich einmischenden und nicht immer sicher in Rechnung zu ziehenden negativen Schwankung. Die Bussolschneiden müssen dem Muskelpaare, dem der Nerv gelassen ist, so angelegt sein, dass der Muskelstrom möglichst schwach ist; dann ist es auch die negative Schwankung. Wegen des asymmetrischen Baues des Semimembranosus herrscht bei symmetrischer Lage der Schneiden gewöhnlich mehr oder minder starker aufsteigender Strom (s. oben S. 11). Man erhält daher das gesuchte Gleichgewicht, indem man mit der unteren Schneide höher am Muskel hinaufrückt. Das Muskelpaar muss so stark gespannt sein, dass es beim Tetanisiren sich nicht merklich verschiebt. Man verzeichnet Betrag und Richtung der noch übrigen Schwankung. Darauf sendet man alle anderthalb bis zwei Minuten einen polarisirenden Stromstoss von kurzer Dauer durch das Muskelpaar, indem man es abwechselnd das eine Mal in Ruhe lässt, das andere Mal tetanisirt. Man wählt die Richtung des Stosses so, dass die negative Schwankung sich zur secundär-elektromotorischen Wirkung addirt. Trotzdem fällt diese Wirkung regelmässig während des Tetanus kleiner aus, als bei Ruhe des Muskels. Folgende Tabelle giebt ein Beispiel dieses Verhaltens.

11. September 1855.

Muskelmultiplicator, Platinelektroden in gesättigter Kochsalzlösung. Kochsalzkeilbäusche mit Eiweisshäutchen. Zwanzig Grove. Schliessungszeit etwa 1″. Anderthalb Minuten zwischen den Versuchen.

No.	Tetanus allein.	Aufsteigender polarisirender Stromstoss allein.	Aufsteigender polarisirender Stromstoss mit Tetanus.	△
1.	5° ↑	—	—	—
2.	—	+53°·5	—	
				+18°·5
3.	—	—	+35°·0	
				— 1·0
4.	—	+36·0	—	
				+19·5
5.	—	—	+16·5	—
6.	—	—	+ 9·5	
				— 3·0
7.	—	+12·5	—	—
8.	1·5 ↑	—	—	—

Die Stärke des primären Stromes wurde nicht verzeichnet; doch nimmt nach meinen Versuchen der Widerstand des immobilisirten Muskels im Tetanus um eine kleine Grösse ab.[1]

Das Tagebuch berichtet von keiner Vorkehrung, damit stets der Tetanus gleich lange dauere und der Stromstoss gleich lange nach dem Beginn des Tetanus eintrete. Mit den heutigen Einsichten und Hülfsmitteln wird es natürlich leicht sein, ungleich vollkommenere Zahlenreihen als obige zu gewinnen. Wie sie sind, scheinen sie an dem hingestellten Satze keinen Zweifel übrig zu lassen.

Ich habe ähnliche Versuche auch mit negativer Polarisation gemacht. Aus gewissen Gründen dachte ich mir, dass diese Polarisation durch den Thätigkeitszustand des Muskels nicht verändert würde. Wegen der Schwächung der davon sich abziehenden positiven Polarisation müsste sie dann stärker erscheinen. Leider stösst man bei der Prüfung, ob dem so sei, auf die Schwierigkeit, dass eine Schliessungszeit von mindestens 10″ nöthig ist, um

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität* Bd. II. Abth. I. 1849. S. 74 ff. — Als diese Bogen meines Werkes gedruckt wurden, war Hrn. Helmholtz' Arbeit 'Ueber die Wärmeentwickelung bei der Muskelaction' (in *diesem Archiv*, 1848, S. 144 ff.) noch nicht erschienen. Ich hätte sonst Grund gehabt, die Möglichkeit zu erwägen, dass die von mir beobachtete Widerstandsverminderung auf Erwärmung des Muskels beruhe. Auch die Säuerung des Muskels bei der Zusammenziehung entdeckte ich erst viel später.

die passende negative Polarisation zu erhalten. Da der Tetanus früher anfangen, und länger dauern muss, als der polarisirende Strom, so wird der Muskel dermaassen angegriffen, dass man meist nichts zu sehen bekommt, als schnelles Sinken aller Wirkungen. Doch glaube ich in meinen Zahlenreihen Spuren des erwarteten Verhaltens vor mir zu haben, welche kaum auf blossem Zufall beruhen dürften.

Schliesslich sei bemerkt, dass eigentlich nicht recht zu verstehen ist, worin ein gewöhnlicher Versuch über positive Polarisation und ein Versuch über positive Polarisation im Conflict mit Tetanus sich von einander unterscheiden. Denn auch im Versuch ohne Tetanus ist während der kurzen Durchströmung der Muskel in Zuckung begriffen. Es ist noch nicht an der Zeit, diese Frage zu erörtern. Vielleicht beruht die scheinbar geringe positive Polarisirbarkeit des tetanisirten Muskels darauf, dass der den Säulenschluss überdauernde Tetanus die positive Polarisation zum Theil aufhebt.

§. XIII. Von den secundär-elektromotorischen Erscheinungen der Nerven.

Als ich im Herbst 1852 der British Association zu Belfast eine Mittheilung über secundär-elektromotorische Wirkungen der Muskeln und Nerven machte (s. oben S. 12), war es mir noch nicht gelungen, von den Nerven positive innere Polarisation zu erhalten. Im Zusammenhang mit meiner Hypothese über den Elektrotonus, und in Hinblick auf die Thatsache, dass Muskeln keinen extrapolaren Elektrotonus zeigen (s. oben S. 2 Anm.), verglich ich damals die Muskeln mit hartem Stahl, die Nerven mit weichem Eisen.[1] Die mittlere Strecke einer Stahlstange, von durchströmten Windungen umgeben, wird magnetisch, und bleibt es nach Aufhören des Stromes; aber nur durch Fernwirkung breitet sich der Magnetismus zeitweise über die unmittelbar betroffene Strecke aus. Besteht die Stange aus weichem Eisen, so wird sie in ihrer ganzen Länge magnetisirt, wenn auch mit abnehmender Kraft von der Rolle nach den Enden zu; aber nach Aufhören des Stromes ist der Magnetismus überall verschwunden.

In derselben Art verschieden schienen sich mir damals Muskeln und Nerven in Bezug auf die Polarisation ihrer elektromotorischen Molekeln zu verhalten. Aber ich hatte zu früh theoretisirt. Als ich im Winter 1852 auf 1853 mit verbesserten Hülfsmitteln zur Erforschung der secundär-elektromotorischen Wirkungen der Nerven und Muskeln zurückkehrte, fand ich alsbald, dass auch die Nerven positive innere Polarisirbarkeit, also im

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. I. S. 326.

Sinne des obigen Vergleiches, Coërcitivkraft besitzen, nur dass, aus leicht erklärlichen Gründen, ihre Polarisation etwas schwerer aufzufassen ist, als die der Muskeln.

Bei der grossen Bedeutung, welche diese Erscheinung für die Lehre vom Elektrotonus zu haben schien, nahm ich deren Untersuchung seitdem wiederholt auf in dem Maasse, wie meine Einsichten und Methoden fortschritten, und zahllose Versuche über Polarisation der Nerven lagern seit Jahren in meinen Tagebüchern. Unter Anderem hatte ich schon einmal in den Jahren 1857 und 1858 eine Tabelle ausgefüllt, welche die secundär-elektromotorischen Wirkungen der Nerven für eine Reihe von Schliessungszeiten, und von Stromdichten in beiden Richtungen, darstellte. Die Versuche wurden am Nervenmultiplicator mit den zusammengelegten beiden Ischiadnerven vom Frosch angestellt. Für jede Schliessungszeit und Stromdichte in jeder Richtung wurde ein neues Paar Nerven genommen. Hr. Pflüger, damals noch in Berlin, hatte die grosse Gefälligkeit, mir bei diesen Versuchen beizustehen. Wie die zwei Jahre vorher für die Muskeln entworfene Tabelle (s. oben S. 13) leidet die Tabelle für die Nerven an allen Gebrechen, welche vor Erfindung der unpolarisirbaren Elektroden, des physiologischen Kochsalzthones, der Methode der Compensation und der aperiodischen Bussole meinen Ergebnissen anhafteten; auch wurde die Stärke des primären Stromes nicht regelmässig und nicht scharf genug bewacht. Dennoch muss ich hier auf diese ältere Tabelle mich stützen, da es mir noch nicht möglich war, wie im Fall der Muskeln, sie durch eine mehr fehlerfreie zu ersetzen. Da aber die Ergebnisse der älteren Nerventabelle denen der neuen Muskeltabelle sehr gleichen, ist das Uebel vielleicht nicht so gross.

In der That können die in Fig. 1 und 2 gegebenen graphischen Darstellungen der Polarisationscurven bezogen auf die Schliessungs- und auf die Oeffnungszeit fast ebenso gut für die Nerven gelten, wie für die Muskeln. Stromdichten unter einer gewissen Grösse geben nur negative Polarisation. Bei beträchtlicheren Stromdichten, von fünf bis fünfzig Grove, und sehr kurzer Schliessungszeit erscheint rein positive Polarisation. Bei etwas längerer Schliessungszeit, welche vielleicht 0″·2 Secunde betrug, wurde aber hier die Polarisation schon doppelsinnig, d. h. einem negativen Ausschlage folgte ein positiver auf dem Fusse. Beträgt die Schliessungszeit mehr als eine Secunde, so wird die Polarisation rein negativ.

Die stärkste positive Polarisation erhielt ich bei ganz kurzer Schliessung von fünfundzwanzig bis dreissig Grove; die Kraft blieb wie beim Muskel scheinbar unter der des Stromes des ruhenden Nerven. Die stärkste negative Wirkung erfolgte, auch ganz wie beim Muskel, nach längerem Hindurchleiten verhältnissmässig schwacher Ströme. Nach 45′ gaben fünf, nach 15′

sieben, nach 5′ zehn Grove Anschlagen an die Hemmung des Nervenmultiplicators, also stärkere Wirkung, als der Nervenstrom. Auch hier gilt aber natürlich, wie bei den Muskeln (s. oben S. 17. 21), die Bemerkung, dass die resultirende Polarisation, als Unterschied der beiden componirenden Polarisationen, kein Maass für deren Stärke abgiebt, welche ein Vielfaches des beobachteten Unterschiedes sein kann. Denn, wie nicht gesagt zu werden braucht, die verschiedenen Erscheinungsweisen der Nervenpolarisation führen unausweichlich zur Annahme, dass in den Nerven, wie in den Muskeln, zwei Polarisationen gleichzeitig vorhanden sind: eine plötzlich fast in voller Höhe auftretende, nur noch langsam wachsende, sehr nachhaltige positive Polarisation, und eine mit der Schliessungszeit wachsende, mehr und mehr über jene sich erhebende, aber nach Oeffnung des Säulenkreises schneller schwindende negative Polarisation.

Oeffnungsschläge des Schlitteninductoriums geben bei hinreichender Stärke rein positive Polarisation.

Hinsichtlich der feineren Züge der Erscheinung, der verschiedenen für die Muskeln erkannten Maxima der Polarisationscurven, und deren Lage nach Stromdichte, Schliessungszeit und Oeffnungszeit, wird es rathsam sein, weitere Beobachtungen abzuwarten, obschon auch in dieser Beziehung die ältere Nerventabelle, bei aller Unvollkommenheit, eine gewisse Aehnlichkeit mit der neuen Muskeltabelle erkennen lässt. Ueber die verhältnissmässige Stärke und Nachhaltigkeit der Polarisation in den Muskeln und in den Nerven bei gleicher Stromdichte u. s. w. wissen wir noch nichts, und dürfte es sehr schwer sein, sich eine sichere Vorstellung zu verschaffen.

§. XIV. Matteucci's Versuche über Nervenpolarisation.

Von der negativen inneren Polarisation der Nerven gab ich zuerst Nachricht 1856 in meiner Abhandlung über diese Erscheinung in feuchten porösen Körpern überhaupt.[1] 1867 kam ich darauf zurück als auf einen Umstand, welcher sich der Beständigkeit von Strömen in nervenhaltigen Kreisen widersetzte.[2] Dass die Nerven daneben positive innere Polarisation besitzen, habe ich auch schon wiederholt, gelegentlich der secundär-elektromotorischen Wirkungen der elektrischen Organe, freilich auf eine nur für den Kundigen durchsichtige Weise angedeutet.[3]

[1] *Monatsberichte* u. s. w. 4. August 1856. S. 457; — *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. I. S. 19.

[2] *Dies Archiv,* 1867. S. 262; — *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 192.

[3] *Monatsberichte* u. s. w. 1858. S. 106; — *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 206.

Obschon meine Abhandlungen über Polarisation von Elektrolyten und von feuchten porösen Körpern auch in französische und italienische Zeitschriften übergingen,[1] beschrieb Matteucci 1860, also vier Jahre nach mir, ohne mich zu nennen, ähnliche Phaenomene, als hätte er sie entdeckt, und bemächtigte sich bei dieser Gelegenheit auch der inneren negativen Polarisation der Nerven.

Auch die Bezeichnung der Wirkungen als secundär-elektromotorischer hat er mit mir gemein. Seine Versuchsweise freilich erinnert nicht an die meinige. Er legt die beiden Enden eines Nerven zuerst auf die Platinelektroden einer zwei- bis achtgliederigen Säule aus Zink-Kohle-Salzwasser-Elementen, lässt den Strom zwei Secunden bis drei Minuten hindurchgehen, und überträgt den Nerven auf die Multiplicatorbäusche. Man finde dann in der intrapolaren Strecke negative Polarisation, positive aber in den beiden extrapolaren Strecken, und zwar stärker in der an die Kathode grenzenden. Diese Versuche wurden nicht bloss an den Nerven von Fröschen, sondern, und sogar mit Vorliebe, an denen von Warmblütern, Schafen, Kaninchen, Hühnern, angestellt. In der That überdauere die negative Polarisirbarkeit viele Stunden lang den Verlust der Lebenseigenschaften; nur Siedhitze und Druck (*compression*) machen ihr ein Ende. Matteucci bringt die secundär-elektromotorische Wirkung auf Rechnung der an den Platinelektroden ausgeschiedenen Säuren und Alkalien.[2]

In einer zweiten Mittheilung ändert er aber, in der ihm eigenen Art, seine Aussagen mannigfach ab, ohne zu sagen, ob die früheren falsch waren oder nicht. Nun werden die Nerven „in den meisten Fällen“ nicht mehr unmittelbar mit Platinelektroden in Berührung gebracht, sondern durch Streife mit Quellwasser getränkten Wollenzeuges. Die Säule besteht aus acht bis zehn Grove, und die Schliessungszeit beträgt 25—30 Minuten. Es ist auch nicht mehr die Rede von Polarisation der extrapolaren Strecken, sondern jetzt heisst es, dass der an die Anode grenzende Abschnitt der intrapolaren Strecke an negativer secundär-elektromotorischer Kraft den an die Kathode grenzenden Abschnitt übertreffe, und dass dieser Unterschied beträchtlicher sei, wenn der Strom im Nerven auf-, als wenn er darin abstieg. Matteucci will sich davon durch Entgegensetzung der beiden Abschnitte im nämlichen Kreise überzeugt haben. Diese Art von Wirkungen schreibt er der Verunreinigung des Nerven mit Ionen zu. Zwischen den dergestalt elektrochemisch wirksamen Endabschnitten des Nerven unterscheidet

---

[1] *Il nuovo Cimento ec.* t. V. Maggio e Giugno. Pubbl. il 9 Luglio 1857. p. 338. — *Annales de Chimie et de Physique.* 3me Série. 1860. t. LVIII. p. 314. 318.

[2] *Comptes rendus etc.* 27 Février 1860. t. L. p. 412; — *Archives des Sciences physiques et naturelles.* Février 1860. t. VII. p. 173.

er, wie es scheint, einen mittleren Abschnitt, von welchem jeder Punkt schon nach sehr kurzer Schliessung negativ secundär-elektromotorisch wirkt.[1]

In einer dritten Mittheilung kommt Matteucci dann wieder auf die extrapolaren Elektrotonusströme zurück, und so hat er, wie er pflegte, seine Angaben über diesen Gegenstand noch viele Mal mit allerlei Varianten wiederholt,[2] in welche ihm zu folgen nutzlos wäre. Auf die Polarisirbarkeit der Nerven aber gründete er seine Auffassuug der extrapolaren Elektrotonusströme als Stromschleifen, welche von der Anode aus der anelektrotonisirten Strecke entlang sich äusserlich verbreiten, durch die Axencylinder zur katelektrotonisirten Strecke gelangen, und dieser entlang äusserlich zur Kathode zurückkehren, was er an einem mit einer feuchten Hülle bekleideten Platindraht nachmachte. Wird solchem Draht ein Elektrodenpaar angelegt, so erhält man extrapolare Stromschleifen nach dem Gesetze des Elektrotonus; mit Zinkdraht in einer mit Zinksulphatlösung getränkten Hülle bleiben sie aus. Das ist bekanntlich die Theorie, welche seitdem Hr. Hermann sich zu eigen machte, zu dessen Versuchen über innere Polarisation der Nerven wir nun kommen.

§. XV. Hrn. Ludimar Hermann's Versuche über Nervenpolarisation.

In seiner Schrift vom Jahre 1867, in welcher er seine Absterbehypothese zuerst entwickelte, gab Hr. Hermann vom Elektrotonus eine mit jener Hypothese zusammenhängende naturphilosophische Erklärung, wonach in der intrapolaren Strecke ein dem polarisirenden Strom entgegengesetzter Strom herrschen sollte, vergleichbar dem Peltier'schen Gegenstrom in einer von einem fremden Strome durchflossenen Thermokette. In diesem vermeintlichen Zusammentreffen sah Hr. Hermann einen schlagenden Erfolg seiner Speculation, und eine neue Stütze seiner Anschauungen.[3] In meiner „Widerlegung“ begnügte ich mich, einen Fehler in der Reihe von Schlüssen aufzudecken, durch welche Hr. Hermann geglaubt hatte, seine

[1] *Comptes rendus etc.* t. LII. 1861. 11 Février p. 231; — 13 Mai p. 954.

[2] *Comptes rendus etc.* 16 Septembre 1861. t. LIII. p. 503; — 20 Avril 1863. t. LVI. p. 760; — 22 Juillet 1867. t. LXV. p. 131. 195; — *Annales de Chimie et de Physique.* 3me Série. t. LIX. p. 385; — *Electro-Physiological Researches.* Eleventh Series. Philosophical Transactions etc. 1861. p. 363; — *Proceedings of the Royal Society.* vol. XI. p. 384; — *The ... Philosophical Magazine etc.* 4th Series. vol. XXIV. October 1862. p. 311; — *Corso di Elettro-Fisiologia in sei Lezioni date in Torino ec.* Torino 1851. p. 59.

[3] *Weitere Untersuchungen zur Physiologie der Muskeln und Nerven.* Berlin 1867. S. 49.

Construction an das Gesetz von der Erhaltung der Kraft festknüpfen zu können.[1] Ich hatte Gründe, von dem nur mir und einigen Eingeweihten, wie Hrn. Pflüger, bekannten Gebiet der secundär-elektromotorischen Wirkungen der Nerven den Schleier noch nicht hinwegzuziehen. Im allgemeinen Interesse wäre es wohl besser gewesen, hätte ich gleich damals Hrn. Hermann herausgesagt, dass in der intrapolaren Strecke positive Polarisation herrscht. Der Gang der Wissenschaft an dieser Stelle wäre ein anderer, und vielleicht mehr erspriesslicher geworden.

Das Jahr darauf trug Hr. Hermann, indem er einige in meiner 'Widerlegung' enthaltene Winke benutzte, seine Hypothesen etwas mehr durchgearbeitet von Neuem vor, und diesmal liess er es sich angelegen sein, seine Elektrotonustheorie durch Versuche zu stützen.[2] „Die Kette bestand aus zwei bis sechs ganz kleinen Daniells; der Nervenstrom wurde „vor der Durchströmung stets genau auf Null compensirt. Die Durchströmung dauerte durchgehends eine Minute.“ Unter diesen Umständen bekam Hr. Hermann in der intrapolaren Strecke natürlich nichts zu sehen, als negative Polarisation. Da dies Ergebniss mit seiner Hypothese von der „durch die Kathode erhöhten, durch die Anode herabgesetzten Spaltungs„geschwindigkeit der Nervenmolecüle“ zu stimmen, und meine Molecularhypothese zu widerlegen schien, so blieb er befriedigt dabei stehen.

Hrn. Hermann's Versuche umfassten auch die extrapolaren Strecken, mit welchen sich, nach Matteucci, auch schon Hr. Adolph Fick beschäftigt hatte.[3] Er und Hr. Hermann gelangten schliesslich zum nämlichen Ergebniss, doch ist letzterer in der Priorität, sofern Hrn. Fick's erste Anzeige den Thatbestand nicht ganz richtig wiedergab. Dieser lautet in Hrn. Hermann's Worten: „Beide extrapolare Strecken wirken nach der „Oeffnung für kurze Zeit in einem von der durchflossenen Strecke weg gerichteten Sinne,“ aber der anelektrotonische, dem polarisirenden Strom entgegengerichtete Nachstrom ist der stärkere.[4]

Inzwischen liess Hr. Hermann seine Hypothese von der verschiedenen 'Spaltungsgeschwindigkeit' als Ursache der Elektrotonusströme zu Boden gleiten, und nahm an ihrer Stelle Matteucci's oben erwähnte Erklärung der extrapolaren Elektrotonusströme durch Stromschleifen auf, deren genauere Begründung er sich fortan zu einer Hauptaufgabe machte. Seine

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 341.

[2] *Untersuchungen zur Physiologie der Muskeln und Nerven.* Berlin 1868. 3. Heft. S. 71 ff.

[3] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1867. S. 436; — *Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium der Züricher Hochschule.* Wien 1869. 1. Heft. S. 129.

[4] *Handbuch der Physiologie* u. s. w. Bd. II. S. 164.

Versuche über intrapolare negative Polarisation dienten ihm jetzt zum Beweise für Matteucci's Hypothese,[1] wie früher für die seinige. Vor dieser hat Matteucci's Hypothese unläugbar das voraus, dass sich Etwas dabei denken lässt. Es ist eine gute, discutable Vorstellungsweise, mit welcher zu rechnen ich um so eher bereit bin, als deren Grundgedanke mir gehört.

Schon in meinen Untersuchungen vom Jahre 1849 erwog ich ausdrücklich und prüfte ich mit allen damaligen Hülfsmitteln die Möglichkeit, die extrapolaren Elektrotonusströme durch die zu jener Zeit vielfach beliebte Annahme zu erklären, dass der Axencylinder leite, die Markscheide isolire. Dann würde ein Stromzweig von der Anode dem Perineurium entlang zum nächsten Querschnitt, den Axencylindern entlang zu dem der Anode näheren Querschnitt, und zurück durch das Perineurium zur Kathode fliessen. In dieser Form indess zeigte sich die Hypothese nicht stichhaltig.[2]

Dass sie es in der Form werde, die ihr Hr. Hermann auf Grund der von ihm entdeckten schlechteren Querleitung der Nerven gab, zögere ich einigermaassen ihm auf's Wort zu glauben, und ich hatte noch nicht Zeit, mich davon durch eigene Untersuchung zu überzeugen. Sollte mir dies gelingen, so werde ich es frei bekennen. Sicher ist einstweilen, dass die intrapolare Strecke neben der immerhin mehr physikalischen, negativen Polarisation, von der auch die extrapolaren Ströme abhängen mögen, jene gleichsam mehr physiologische, positive Polarisation besitzt, welche meine Hypothese verlangt. Sicher ist, dass, auch wenn die extrapolaren Elektrotonusströme nur auf Stromschleifen beruhen, das Wesen des Elektrotonus, als in positiver Polarisation bestehend, dadurch nicht berührt würde. Nur der misslichen Verpflichtung, dessen Ausbreitung über die Elektroden hinaus zu erklären, wäre man los. Sicher ist ferner, dass, während ich die positive Polarisation der intrapolaren Strecke zu einer Zeit entdeckte, wo ich noch keines der heutigen Hülfsmittel besass, Hr. Hermann, der diese Hülfsmittel bereit fand, seit 1867 bis heute die grundlegende Thatsache des Gebietes übersah, auf dem er als Reformator auftrat. Sicher endlich ist, dass Alles, was er sich über Elektrotonus ausdachte, und mit so grosser Zuversicht vortrug, vor dieser Thatsache vorläufig zu Spreu wird, und dass, von dieser Thatsache ausgehend, die Erforschung des Elektrotonus überhaupt von vorn anzufangen hat.

Hr. Hermann giebt an, dass ein lebender und ein in heissem Wasserdampf getödteter Nerv keinen scheinbaren Unterschied des Leitvermögens zu Gunsten des ersteren erkennen lassen, wie es sein müsste, wenn der

---

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1872. Bd. VI. S. 357; — *Handbuch der Physiologie.* Bd. II. S. 164. 165.

[2] A. a. O. Bd. II. Abth. I. S. 229. 275—282. 347—350.

Strom im lebenden Nerven gleichgerichtete elektromotorische Kräfte befreite, und er sieht in diesem, übrigens von mir[1] vorgeschlagenen, aber theoretischer Schwierigkeiten wegen nicht ausgeführten Versuch ein *Experimentum crucis* wider die Moleculartheorie des Elektrotonus.[2]

Gegen Hrn. Hermann's Berechnung der elektromotorischen Kraft, die in einem Nerven thätig würde, dessen dipolare Molekeln sämmtlich ihre gleichnamigen Pole nach derselben Seite kehren, kann ich im Princip um so weniger Etwas einwenden, als ich durch ähnliche Berechnungen die Leistungen der elektrischen Organe erkläre.[3] Dass keine mit der berechneten vergleichbare Kraft im Nerven auftritt, liesse sich durch die von mir schon in den „Untersuchungen" gemachte Annahme rechtfertigen, dass die in Bezug auf den polarisirenden Strom falsch gerichteten Molekeln nicht um 180°, sondern nur um einen kleinen Winkel sich drehen.[4]

Was der Hermann'sche Versuch sonst an Schwierigkeit darzubieten scheint, schwindet vor den nun bekannten Thatsachen der Nervenpolarisation. Bei längerer Schliessungszeit übertrifft die negative Polarisation die positive, und da die Siedhitze beide vernichtet, sollte der lebende Nerv sogar scheinbar schlechter leiten als der todte, nicht besser, wie Hr. Hermann erwartete. Um den lebenden Nerven besser leitend zu finden als den todten, müsste der Versuch mit sehr kurzer Schliessungszeit angestellt werden. Selbst dann erhält die positive Polarisation die Oberhand über die negative erst bei so ansehnlichen primären Stromstärken, dass wenig Hoffnung ist, den geringen Ueberschuss der positiven über die negative Polarisation neben der primären Kraft wahrzunehmen. Doch giebt es einen Versuch, den man in diesem Sinne deuten könnte. Schliesst ein Nerv den secundären Kreis des Inductoriums, dessen abwechselnde Schläge nach bekannten Grundsätzen sich sonst an der Bussole aufheben, so überwiegen nach Hrn. von Fleischl die schnelleren und kürzeren Oeffnungsschläge; auch ein einzelner Oeffnungsschlag lenkt durch den Nerven hindurch stärker ab als ein Schliessungsschlag.[5] Sofern der Oeffnungsschlag stärker erregt als der Schliessungsschlag, sieht Hr. Hermann hierin nichts als einen besonderen

---

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. I. S. 328.

[2] *Untersuchungen zur Physiologie der Muskeln und Nerven.* 3. Heft. 1868. S. 67; — Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1872. Bd. VI. S. 328; — die Ergebnisse neuerer Untersuchungen auf dem Gebiete der thierischen Elektricität. Sep.-Abdr. aus der *Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft zu Zürich.* 1878. 1. Heft. S. 17; — *Handbuch der Physiologie.* 1878. Bd. II. S. 172.

[3] *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 275.

[4] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. I. S. 325.

[5] *Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften.* 1878. III. Abth. Bd. LXXVII. S. 159.

Fall seines 'Satzes vom polarisatorischen Increment' (vergl. unten S. 47).[1] Nach dem jetzt von mir über Nervenpolarisation Mitgetheilten muss aber bei dem Fleischl'schen Versuche die positive Polarisation die negative im Falle des Oeffnungsschlages um eine beträchtlichere Grösse übertreffen, als im Falle des Schliessungsschlages, und die Möglichkeit, dass dies bei dem Ergebniss mit im Spiele war, ist mindestens im Auge zu behalten.

Wenn die negative Polarisation sich nicht extrapolar ausbreitete, — was ich bis auf Weiteres nicht für bewiesen halte, — während die positive es thäte, — was ich für meine Person nie als ausgemacht ansah, — so wäre sogar denkbar, dass die extrapolare positive Polarisation die gleichnamige intrapolare bedeutend überträfe. Doch es ist meine Absicht nicht, mich hier in die Erörterung dieser dunklen und verwickelten Fragen einzulassen.

Sofern die extrapolaren Elektrotonusströme die Oeffnung des polarisirenden Stromes überdauern, die intrapolare Polarisation aber nothwendig auch während des Säulenschlusses vorhanden ist, sieht man jetzt, dass die Grenze zwischen der zweiten und der dritten der oben S. 1. 2 unterschiedenen Classen elektromotorischer Erscheinungen an Muskeln und Nerven sich verwischt, und es wird besser sein, nur zwei Classen, die der selbständigen oder primären, und die der secundären Erscheinungen zu unterscheiden, indem man unter letzteren, ohne Rücksicht auf die Zeit ihres Hervortretens, alle diejenigen versteht, welche ein fremder Strom als Strom, nicht als blosser Reiz, an Muskeln und Nerven erzeugt.

§. XVI. Hrn. Robert Tigerstedt's Versuche über Nervenpolarisation.

Im vorigen Jahre beschrieb Hr. Tigerstedt in Stockholm Versuche über innere Polarisation der Nerven. Aus bestimmten Gründen leitete er den Nachstrom durch dieselben Elektroden ab, welche den polarisirenden Strom zuführen (s. oben S. 6). Er wendete keine stärkere Säule an, als drei Meidinger. Die Schliessungszeit regelte er mit der Hand nach dem Metronom; die kürzeste betrug 1″, die längste 240″. Die Uebertragungszeit wurde mittels des Marcel-Deprez'schen elektromagnetischen Signalschreibers bestimmt, uud schwankte zwischen 0·″02 und 0·″04. Auch Hr. Tigerstedt erhielt nur negative Polarisation. Seine Ergebnisse formulirt er folgendermaassen: „1. Bei Anwendung von bis zu drei Mei-

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1879. Bd. XIX. S. 416.

„dinger'schen Elementen ist die Polarisation auf's nächste direct proportio-„nal der Stärke des polarisirenden Stromes. 2. Wenn der polarisirende „Strom während ungleich langer Zeit auf den Nerven bei übrigens unver-„änderten Verhältnissen einwirkt, so nimmt die Polarisation zu; dieselbe „steigt im Beginn schneller und später immer langsamer, schliesslich „äusserst langsam ihrem Maximum sich nähernd. 3. Wenn der polari-„sirende Strom geöffnet wird, erreicht die Polarisation augenblicklich ihren „höchsten Werth und sinkt darnach unaufhörlich herab; dieses Herabsinken „geschieht im Beginn sehr schnell, später aber immer langsamer, so dass „die Polarisation noch lange Zeit nach dem Oeffnen des polarisirenden „Stromes anhält und nur asymptotisch sich dem Nullpunkte nähert."[1] Hr. Tigerstedt wäre bei seinen sorgfältig geleiteten Versuchen sicher auf die innere positive Polarisation der Nerven gestossen, wenn er grössere Stromdichte und kürzere Schliessungszeit angewendet hätte. So aber blieb er, gleich seinen Vorgängern, jenseit der kritischen Schliessungszeit stehen.

Weder Hr. Hermann, noch Hr. Fick, noch Hr. Tigerstedt hatten ein Galvanometer im Säulenkreise. Ich glaube nicht, dass dies in ihren Versuchen von Bedeutung war, möchte aber davor warnen, sich ohne diese Maassregel in Versuchsreihen mit grösseren Stromstärken und längeren Schliessungszeiten einzulassen (s. oben S. 10).

§. XVII. Vom Einflusse der Richtung des primären Stromes auf die secundär-elektromotorischen Wirkungen der Nerven.

Wunsch und Hoffnung über die Abhängigkeit der inneren positiven Polarisation der Nerven von der Richtung des polarisirenden Stromes etwas Sicheres mittheilen zu können, hielten mich vorzüglich von einer Veröffentlichung meiner Untersuchungen in ihrem gegenwärtigen Zustande ab. Die merkwürdige Thatsache der grösseren Stärke der positiven Polarisation der Muskeln in der Richtung vom Aequator, wo auch ungefähr der Hilus liegt, nach den Enden zu (s. oben S. 21), liess mich eine Zeit lang vermuthen, dass die intramusculären Nerven dabei im Spiele seien, und dass sie in centrifugaler Richtung stärkere positive Polarisation annehmen. Dies brachte mich auf den Gedanken zu versuchen, wie sich in Bezug auf innere Polarisation die motorischen und sensiblen Wurzeln der Spinalnerven verhalten möchten.

---

[1] *Mittheilungen vom physiologischen Laboratorium des Carolinischen Medico-chirurgischen Instituts zu Stockholm.* Herausgegeben von Prof. Dr. Chr Lovén. Stockholm 1882. 2. Heft. S. 3 ff.

Polarisationsversuche an Wurzeln werden natürlich sehr erschwert durch deren Kürze. Das Erste ist daher, sich möglichst grosse Frösche zu verschaffen. 1857 maass ich eine R. esculenta von 298 und eine von 305 ^{mm} zwischen Nasenspitze und längster Zehe. Aber auch Wurzelbündeln kleinerer Thiere gelang es mir damals vier mit Eiweisshäutchen überzogene Keilbäusche anzulegen. Wenn auch nicht gerade nöthig, ist es doch sehr wünschenswerth, dass bei diesen Versuchen der Experimentator seine Aufmerksamkeit ungetheilt der Handhabung der Vorrichtungen zuwenden könne, und ihm die Mühe der Praeparation abgenommen werde. Abermals habe ich mich hier Hrn. Pflüger's aufopfernder Hülfleistung mit innigem Danke zu erinnern. Manchen Juli-Nachmittag des tropischen Sommers 1857 praeparirte er, während ich am Nervenmultiplicator Alles bereit hielt, Bündel bald vorderer, bald hinterer Wurzeln; was, wenn es ohne Quetschung, Verlagerung und Verwechselung der Wurzeln möglichst rasch geschehen soll, nicht so leicht ist, wie man sich vielleicht denkt.

Die Säule bestand bei diesen Versuchen aus nur wenigen Grove; die Schliessungszeit betrug ungefähr 0″·2. Der etwa vorhandene Nervenstrom war mittels einer primitiven Vorrichtung compensirt, aus der später der runde Compensator ward.[1] Die Wurzeln befanden sich mit den vier Keilbäuschen auf einem kleinen Gestell, dem 'Wurzelträger', das, um eine senkrechte Axe drehbar, sie zwischen den Zuleitungsgefässen umzukehren erlaubte, ohne die Keilbäusche an ihnen zu verrücken. Dies hatte zum Zweck, Ungleichartigkeiten dieser Gefässe und etwaige Irreciprocität der Leitung (s. oben S. 22) möglichst unschädlich zu machen. Alle anderthalb Minuten wurde der Strom abwechselnd in der einen und in der anderen Richtung durch die Wurzeln gesandt. Nach je vier Versuchen wurden sie umgedreht. So entstanden Reihen wie folgende.

Drei Grove. Schliessungszeit ungefähr 0″·2.

Motorische Wurzeln.

↓	− 10°	↑	− 12	↑	− 11	↓	− 13	‖
	+ 16°		+ 10·5		+ 16·5		+ 10	

Wurzeln umgedreht.

↑	− 12	↓	− 11	↑	− 12	↓	− 12
	+ 12·5		+ 11·5		+ 13		+ 13

Wurzeln umgedreht.

↓	− 12	↑	− 13	↓	− 14	↑	− 12
	+ 12		+ 12·5		+ 12		+ 12

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. I. S. 176. 177.

Sensible Wurzeln.

↑	↓	↑	↓
— 11	— 17	— 11	— 17·5
+ 14	+ 12·5	+ 13	+ 12

Wurzeln umgedreht.

↓	↑	↓	↑	
— 34	— 16	— 41	— 19	||
+ 14	+ 31	+ 12	+ 32	||

Wurzeln umgedreht.

↑	↓	↑	↓
— 18	— 28	— 21	— 27
+ 16	+ 16·5	+ 16·5	+ 17.

Um diese Zahlen richtig zu beurtheilen, muss man sich erinnern, dass die Ströme noch auf die ältere Art durch Platin in Kochsalzlösung zum Nervenmultiplicator abgeleitet wurden. Nach einem augenblicklichen Stromstoss würde die zurückkehrende Nadel über den Nullpunkt fort in den anderen Quadranten schwingen, und hier durch die Ladungen der Platinplatten vielleicht über ihre Ablenkung im ersten Quadranten hinausgeführt werden. Der Polarisationsstrom der Nerven ist aber nicht solchem augenblicklichen Stromstosse gleich zu stellen. Selbst die negative Polarisation, obschon die flüchtigere, sinkt mehr oder minder allmählich. Der Schwingungsmittelpunkt für die ungedämpfte Nadel wird dadurch zeitweise in den negativen Quadranten (wie wir ihn nennen wollen) verlegt. In ihrem Rückschwunge kann die Nadel wohl den Nullpunkt überschreiten, aber nicht im positiven Quadranten über ihre Ablenkung im negativen hinausgehen. Geschieht dies dennoch, so ist auf doppelsinnige Wirkung zu schliessen.

Wo daher in obigen Tabellen einer kleineren negativen eine grössere positive Zahl folgt, fand doppelsinnige Wirkung statt, d. h. ein negativer Nachstrom schlug alsbald in einen positiven um, und der Unterschied der Zahlen giebt ein ungefähres Maass ab für die vergleichsweise Stärke des letzteren. Danach war in beiden Tabellen bis zum Zeichen || hin der Erfolg der erwartete. Das Eintreten des verkehrten Erfolges von da ab erinnert an das Umschlagen des gesetzlichen Verhaltens in den beiden Hälften eines regelmässigen Muskels (s. oben S. 25). Fast ohne Ausnahme fingen die Reihen an den Wurzeln richtig an, aber öfter erfolgte das Umschlagen schon beim zweiten oder dritten Stromstoss. Besonders an den motorischen Wurzeln war dies der Fall, wie denn auch in den angeführten Beispielen die sensiblen länger als die motorischen Wurzeln das in Rede stehende Verhalten zeigen. Erwägt man jedoch, dass in diesen Versuchen beiderseits abgeschnittene Wurzeln mit Hühnereiweiss berührt und mit elektrischen Schlägen misshandelt wurden, so wird man kaum sich des

Eindruckes erwehren, dass sie, bei aller Unvollkommenheit, den Satz wahrscheinlich machen: In den motorischen Wurzeln überwiegt die positive Polarisation in absteigender, in den sensibeln in aufsteigender Richtung, beidemal im Sinne der physiologischen Innervationswelle. Freilich gilt dabei, bis auf Weiteres, dieselbe Bemerkung, wie bei den beiden Muskelhälften. An Stelle stärkerer positiver kann man auch schwächere negative Polarisation setzen, und sagen, in den motorischen Wurzeln überwiege die aufsteigende negative Polarisation, in den sensibeln die absteigende. Schon bei den Muskeln wurde auf einen später anzugebenden Grund für die dort wie hier vorangestellte Auffassung verwiesen.

Verschiedene Umstände, unter anderen die Ankunft der westafrikanischen Zitterwelse, zwangen mich damals, diese Versuche abzubrechen, und erst zweiundzwanzig Jahre später, im Herbst 1879, kam ich dazu, sie wieder aufzunehmen: ausgerüstet mit allen seitdem erfundenen Hülfsmitteln, und diesmal freundlich unterstützt durch Hrn. Prof. Gustav Fritsch, dessen anatomische Geschicklichkeit um so willkommener war, als auch unter einer Sendung ungarischer Frösche, welche ich Hrn. Prof. Jendrássik in Budapest verdankte, keine solche Riesen sich befanden, wie vordem die märkischen Gewässer sie zuweilen lieferten. Auch diese Versuchsreihe gedieh noch nicht zur Reife. Sie in den Winter hinein fortzusetzen, nachdem die grösseren Frösche verbraucht waren, schien nicht räthlich. Dazu trat die Nothwendigkeit, mich der Bearbeitung der Sachs'schen Ergebnisse zu widmen. Immerhin lässt sich diesen neueren Erfahrungen manches Wichtige entnehmen.

Zunächst prüfte ich jetzt das Verhalten eines gemischten Nervenstammes bei der Versuchsweise, welcher die Wurzeln unterworfen werden sollten. Hier zeigte sich kein sicherer Unterschied zwischen den Wirkungen bei auf- und bei absteigender Richtung des Stromes, wie sich aus folgenden Beispielen ergiebt.

Fünf Grove. Schliessungszeit 0″·037.
Stück des Ischiadnerven zwischen Wirbelsäule und Abgang der Oberschenkelmuskeläste.

$$\downarrow\begin{cases}-5^{sc}\\+33^{sc}\end{cases}\uparrow\begin{cases}-2\\+36{\cdot}5\end{cases}\downarrow\begin{cases}-7\\+23\end{cases}\uparrow\begin{cases}-4\\+26\end{cases}\downarrow\begin{cases}-3\\+20\end{cases}\text{u. s. w.}$$

Schliessungszeit 0″.031. Anderes ähnliches Stück.

$$\downarrow\begin{cases}-0{\cdot}5\\+23\end{cases}\uparrow\begin{cases}-0{\cdot}5\\+15\end{cases}\downarrow\begin{cases}-0{\cdot}5\\+21\end{cases}\uparrow\begin{cases}-1\\+17\end{cases}\downarrow\begin{cases}-0{\cdot}5\\+17\end{cases}\uparrow\begin{cases}-1\\+17\end{cases}\downarrow\begin{cases}-0{\cdot}5\\+21\end{cases}\text{u. s. w.}$$

Mittleres Stück des Nerven.

$$\uparrow\begin{cases}-5\\+18\end{cases}\downarrow\begin{cases}-6\\+16\end{cases}\uparrow\begin{cases}-6\\+19{\cdot}5\end{cases}\downarrow\begin{cases}-8\\+15{\cdot}5\end{cases}\uparrow\begin{cases}-5\\+18{\cdot}5\end{cases}\downarrow\begin{cases}-10\\+8\end{cases}\text{u. s. w.}$$

Schliessungszeit 0″·076.

Unteres Stück, mit den Nn. peronaeus und tibialis.

$$\downarrow\begin{cases}-\ 4\\+\ 6\end{cases}\uparrow\begin{cases}-\ 3\\+\ 15\end{cases}\downarrow\begin{cases}-\ 2\\+\ 21{\cdot}5\end{cases}\uparrow\begin{cases}-\ 3\\+\ 14{\cdot}5\end{cases}\downarrow\begin{cases}-\ 2{\cdot}5\\+\ 14\end{cases}\uparrow\begin{cases}-\ 2{\cdot}5\\+\ 15\end{cases}\text{ u. s. w.}$$

Die Wirkungen sind stets doppelsinnig, was an der Bussole ohne Weiteres einleuchtet, doch beschränkt sich der negative Vorschlag zuweilen auf einen kaum bemerkbaren Zuck. Die Ungleichmässigkeiten in den einzelnen Reihen rühren unstreitig von Unvollkommenheit der die Schliessungs- und Uebertragungszeit regelnden Vorrichtung her. In der Gesammtheit meiner bisherigen Versuche an gemischten Nerven zeigt sich ein leises Uebergewicht der aufsteigenden positiven Polarisation; nach unten zu scheint es abzunehmen, ja in das Gegentheil sich zu verkehren. Doch sind die Versuche zu unvollständig, um schon solche Verallgemeinerung, vollends eine Erörterung der Frage zu gestatten, ob dies mit dem Verhältniss zusammenhänge, in welchem die beiden Fasergattungen im Nervenquerschnitt enthalten sind.

Vergleicht man mit den vorigen Reihen den Erfolg an sensibeln Wurzeln, so zeigt sich ein schlagender Unterschied zu Gunsten des vermutheten Gesetzes.

Drei Grove. Schliessungszeit 0″·037.

Sensible Wurzeln.

$$\uparrow\begin{cases}-2\\+\ 4{\cdot}5\end{cases}\downarrow\ -7\ \uparrow\begin{cases}-1\\+\ 9\end{cases}\downarrow\ -7\ \uparrow\begin{cases}-2\\+\ 6\end{cases}\downarrow\ -8\ \uparrow\begin{cases}-1\\+\ 9\end{cases}.$$

Wurzeln umgedreht.

$$\uparrow\begin{cases}-\ 5\\+\ 13\end{cases}\downarrow\begin{cases}-\ 8\\+\ 7\end{cases}\uparrow\begin{cases}-\ 5\\+\ 13\end{cases}\downarrow\begin{cases}-\ 9\\+\ 9\end{cases}\uparrow\begin{cases}-\ 6\\+\ 11\end{cases}\downarrow\begin{cases}-\ 9\\+\ 6\end{cases}\uparrow\begin{cases}-\ 5\\+\ 13.\end{cases}$$

Auffallend ist nun aber, dass auch jetzt wieder die motorischen Wurzeln ein minder günstiges Ergebniss lieferten.

Fünf Grove. Schliessungszeit 0″·015.

Motorische Wurzeln.

$$\downarrow\begin{cases}-\ 3\\+\ 23\end{cases}\uparrow\begin{cases}-\ 2\\+\ 17\end{cases}\downarrow\begin{cases}-\ 3\\+\ 22\end{cases}\uparrow\begin{cases}-\ 2\\+\ 20{\cdot}5\end{cases}\downarrow\begin{cases}-\ 3\\+\ 17\end{cases}\uparrow\begin{cases}-\ 3\\+\ 12\end{cases}\downarrow\begin{cases}-\ 4\\+\ 16\end{cases}\Big\|\uparrow\begin{cases}-\ 2{\cdot}5\\+\ 17\end{cases}\downarrow\begin{cases}-\ 3{\cdot}8\\+\ 18.\end{cases}$$

Bis zum Zeichen || spricht sich das vermuthete Gesetz ziemlich deutlich aus; aber meist war dies nicht einmal in diesem Grade der Fall. Auch mit den Oberschenkelmuskelnerven war ich nicht glücklicher.

Wenn somit das Gesetz noch nicht für bewiesen gelten kann, so ist andererseits auch noch nicht ausgemacht, dass es keine Geltung habe. Möglicherweise verlangt es, um an den motorischen Wurzeln klar hervorzutreten, eine Combination von Stromdichte und Schliessungszeit, die ich zufällig nicht traf. Um hier aus der Stelle zu kommen, bedürfte es einer Sendung *Bullfrogs* (R. mugiens, auch Catesbyana) aus Nordamerika. Meine Bemühungen, eine solche zu erhalten, blieben bisher vergeblich. Für die physiologisch centripetal leitenden Fasern müsste der Sehnerv eines grossen Knochenfisches ein vortreffliches Object sein. Ich fand noch nicht Zeit, dies zu erproben. Für die physiologisch centrifugal thätigen Fasern scheint es kaum etwas Besseres geben zu können, als die elektrischen Nerven von Torpedo.

Von einer Fülle anderer Versuche, auf die man hier geleitet wird, schweige ich. Aber schon die mitgetheilten Erfahrungen scheinen in hohem Grade die Aufmerksamkeit der Physiologen zu verdienen. Sie bieten das erste Beispiel eines elektromotorischen Unterschiedes zwischen centrifugal und centripetal thätigen Fasern dar. Man dürfte wohl auf diesen Fall den Ausdruck anwenden, dessen Paul Erman sich in Bezug auf das Gesetz der Zuckungen bediente: „Die blosse Ahnung eines solchen Unterschiedes „flösst Ehrfurcht ein“.[1] Um so vorsichtiger gilt es zu sein. Selbst wenn das vermuthete Gesetz erwiesen wäre, bliebe zu erwägen, ob man darin eine Wirkung der physiologischen Innervationswelle zu sehen habe, oder eine Einrichtung, um ihren Fortschritt in einem bestimmten Sinne zu fördern, wie ich deren Dasein, ja Möglichkeit, einst aus theoretischen Gründen bezweifelte.[2]

§. XVIII. Vom Einflusse verschiedener Umstände auf die Polarisation der Nerven.

Ueber die Frage nach den Umständen, welche die Polarisirbarkeit der Nerven beeinflussen, habe ich erst sehr wenige, und noch fast keine methodisch gesammelten Erfahrungen. Dass Nerven, die der Siedhitze ausgesetzt waren, keinen negativen Nachstrom mehr zeigen, wusste schon Matteucci (s. oben S. 34). Lässt man aber Nerven vor Trockniss geschützt bei niederer Temperatur allmählich absterben, so bleiben sie sehr lange mit abnehmender Stärke secundär-elektromotorisch wirksam. Von der positiven Polarisation kann man noch nach einundzwanzig Stunden eine Spur sehen. Beispielsweise gaben nach dieser Zeit sensible Wurzeln, welche unverrückt

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. I. S. 334.
[2] *Ebenda.* Bd. II. Abth. I. S. 574. 575.

in der feuchten Kammer gelegen hatten, mit zwei Grove und 0″·031 Schliessungszeit:

$$\uparrow\left\{\begin{matrix}-10\\+\ 3\end{matrix}\right.\downarrow -12\uparrow\left\{\begin{matrix}-11\\+\ 3\cdot5\end{matrix}\right.\downarrow -14\uparrow\left\{\begin{matrix}-12\\+\ 2.\end{matrix}\right.$$

Die Versuche gehören zur selben Reihe wie die zuletzt mitgetheilten. Nach siebenundzwanzig Stunden aber erfolgte nur noch rein negative Polarisation:

$$\uparrow -9\downarrow -9\uparrow -7\downarrow -9,$$

und jeder Unterschied zwischen auf- und absteigender Polarisation war verschwunden. Von der negativen Polarisation war noch nach $55^1/_2$ Stunden eine Spur, im Betrage von etwa einem Scalentheile, zu erkennen.

Wenn sie allein übrig bleibt, ist also die negative Polarisation in den sensiblen Wurzeln nach beiden Richtungen gleich. Folglich ist der Unterschied, den lebende Wurzeln hinsichtlich der Polarisation durch den auf- und durch den absteigenden Strom bieten, der positiven Polarisation zuzuschreiben; in beiden Fasergattungen, wenn auch minder ausgesprochen in den motorischen Fasern, ist nicht die negative Polarisation schwächer, sondern die positive Polarisation stärker im Sinne der physiologischen Innervationswelle. Damit ist für die Nerven, versprochenermaassen, die oben S. 25. 43 aufgeworfene Frage entschieden, und die von mir gewählte Art der Darstellung gerechtfertigt.

Ohne den Versuch an den beiden Muskelhälften angestellt zu haben, zweifle ich nicht, dass sich daran dem Beweise dieselbe Gestalt geben lasse. Ein weiterer, im gleichen Sinne sprechender Grund wird uns noch begegnen.

Von Interesse wird es sein, Polarisationsversuche mit einem Bündel Nervenfasern ohne Perineurium anzustellen, wie man es auf die von Emil Harless angegebene Art gewinnt.[1]

§. XIX. Die positive innere Polarisation der Nerven im Conflict mit Tetanus.

Der Gedanke lag nahe, den oben S. 29 an den Muskeln angestellten Versuch auf die Nerven zu übertragen, und zu untersuchen, welchen Ein-

---

[1] Moleculäre Vorgänge in der Nervensubstanz. II. Abhandlung. Voruntersuchungen. Aus den *Abhandlungen der K. bayer. Akademie der Wissenschaften.* II. Cl. VIII. Bd. 11. Abth. München 1858. 4. S. 538 ff. — Vergl. Charles E. Morgan in *diesem Archiv,* 1863. S. 340; — *Electro-Physiology and Therapeutics etc.* New York 1868. p. 464.

fluss der Thätigkeitszustand der Nerven auf ihre positive innere Polarisation haben würde. Obwohl dieser Versuchsplan seit 1857 unter meinen *Agendis* sich befand, war ich nicht dazu gekommen, ihn zu verwirklichen. Mittlerweile wurde von anderer Seite her eine Thatsache bekannt, welche zwar die hier gestellte Frage nicht unmittelbar beantwortet, aber doch erlaubt, die Antwort mit ziemlicher Gewissheit vorauszusehen. Es ist die von Hrn. Grünhagen gefundene Thatsache, dass die Stärke eines durch den Nerven geleiteten Stromes beim Tetanisiren des Nerven wächst. Hr. Grünhagen deutet diese Zunahme auf Verminderung des Widerstandes des Nerven.[1] Es giebt ein Maass der Vervollkommnung unserer Versuchsweisen, dass Hrn. Grünhagen ein Nachweis gelang, um welchen ich mich im October 1844 vergeblich bemühte, obschon nach unseren damaligen Einsichten meine Anordnung tadellos war.[2] Hr. Hermann, der den Grünhagen'schen Versuch mehrere Jahre später selbständig fand, zeigte, dass es sich dabei nicht um Widerstandsabnahme, sondern um eine in der intrapolaren Strecke rege werdende elektromotorische Kraft handelt, welche er das 'polarisatorische Increment' nennt.[3]

Hrn. Hermann's Theorie der Erscheinung zu prüfen, dürfte kaum an der Zeit sein, da die positive Polarisation der intrapolaren Strecke ihn voraussichtlich zu einigen Aenderungen seiner Construction zwingen wird. Die Thatsache an sich hat für uns die Bedeutung, dass, wenn der positive Polarisationsstrom während der Dauer des polarisirenden Stromes durch Tetanus des Nerven verstärkt wird, dies wahrscheinlich auch mit dem positiven Nachstrome der Fall sein wird. Dann bestände zwischen den secundär-elektromotorischen Wirkungen der Muskeln und denen der Nerven der Unterschied, dass der Thätigkeitszustand den positiven Nachstrom in den Muskeln schwächt, in den Nerven stärkt.

§. XX. Von den secundär-elektromotorischen Erscheinungen der elektrischen Organe.

Ueber die secundär-elektromotorischen Erscheinungen am elektrischen Organe des Zitterwelses habe ich schon in meiner 'Experimentalkritik der

---

[1] Henle's und Pfeufer's *Zeitschrift für rationelle Medicin.* 3. R. 1769. Bd. XXXVI. S. 140.

[2] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* 1849. Bd. II. Abth. I. S. 444.

[3] Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1872. Bd. VI. S. 561; — 1873. Bd. VII. S. 323 ff; — 1874. Bd. VIII. S. 254; — 1875. Bd. X. S. 215; — 1876. Bd. XII. S. 151; — 1879. Bd. XIX. S. 416; — 1881. Bd. XXVI. S. 246; — *Handbuch der Physiologie* u. s. w. 1878. Bd. II. S. 165; — Die Ergebnisse neuerer Untersuchungen u. s. w. Sep.-Abdr. aus der *Züricher Vierteljahrsschrift* u. s. w. 1878. Heft 1. S. 32.

Entladungshypothese' berichtet.[1] Aus dem Vorigen erhellt, wie ich zu diesen Versuchen geführt wurde. Man erkennt jetzt zwischen den Polarisationsströmen der Muskeln und Nerven, und denen des Zitterwels-Organes die Uebereinstimmung, auf welche ich in meinem Vortrag über die westafrikanischen Zitterwelse im Januar 1858 hinwies.[2]

Ein der Länge des Fisches nach geschnittener Streif verhält sich secundär-elektromotorisch wie ein Muskel oder ein Nerv. Bei mässiger Dichte, und bei grosser Dichte aber langer Schliessungszeit, erfolgt in beiden Richtungen negative Wirkung, jedoch schwächer in der Richtung des Schlages. Bei grösserer Dichte und kurzer Schliessungszeit tritt positive Wirkung hervor, aber stärker in der Richtung des Schlages. Da der Schlag im Zitterwels-Organe vom Kopf nach dem Schwanze gerichtet ist, können wir den ihm gleichgerichteten polarisirenden als absteigend, den entgegengerichteten als aufsteigend bezeichnen. Einem aufsteigenden Stromstoss also folgt oft ein rein negativer Nachstrom, während schon der absteigende einen starken positiven Nachstrom erzeugt. Von einem etwa ausgelösten Schlage des Organs unterscheidet sich letzterer durch längere Dauer. Während der Schlag die Nadel nach Art eines voltaëlektrischen Stromstosses ablenkt, hält sie der positive Nachstrom förmlich eine Zeit lang an die Hemmung gedrückt. Dabei fällt auch der primäre Strom in der Richtung des Schlages stärker aus, als in der anderen. Bei der grossen elektromotorischen Kraft, welche dem primären Strom zu Grunde liegen muss, um positive Polarisation zu erhalten, folgt hieraus verhältnissmässig bedeutende Kraft dieser Polarisation. Da es wohl noch lange dauern wird, bis Jemand wieder Gelegenheit zu solchen Versuchen findet, will ich noch einige Einzelheiten, und damit man sehe, um welche Grössen es sich handelt, einige Zahlen mittheilen.

Schon an dem am 23. November 1857 getödteten kleinsten der drei mir von Goodsir übergebenen Fische hatte ich Polarisationsversuche angestellt, bei welchen aber der primäre Strom nicht beobachtet wurde. Doch überzeugte ich mich schon dabei von der Uebereinstimmung des secundär-elektromotorischen Verhaltens des Organes mit dem der Muskeln und Nerven. Zu den weiteren Versuchen dienten Streife des Organes des grössten, 233^{mm} langen Fisches. Dieser wurde am Morgen des 12. Januars 1858 todt gefunden, doch schlug das Organ noch reflectorisch bei Reizung der Haut mit einer Pinzette, so dass ein Froschschenkel zuckte, dessen Nerv dem Fisch anlag. Da der Tod des Fisches unerwartet kam, waren die nöthigen galvanometrischen Vorrichtungen leider nicht bei der Hand.

---

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 718.

[2] *Monatsberichte* u. s. w. 1858. S. 106.

Die einzige verfügbare Bussole musste dem primären Strome vorbehalten werden. Für die secundären Wirkungen wurde der Nervenmultiplicator genommen, der sich bald als viel zu empfindlich erwies, nachdem aber die Versuche damit angefangen waren, nicht mit einem anderen Instrumente vertauscht werden konnte, ohne die Vergleichbarkeit der Ergebnisse preiszugeben.[1] Hätte ich schon damals die erstaunliche Lebenszähigkeit des Organes gekannt, die sich mir vielmehr erst bei dieser Gelegenheit kundgab,[2] so hätte ich mich nicht davon abhalten lassen, eine neue Versuchsreihe wenigstens am Muskelmultiplicator zu beginnen. Da ich nicht wusste, ob nicht jede beobachtete Wirkung die letzte sei, konnte natürlich nichts geschehen, als ein Bild der Erscheinung in grossen, wenn auch noch so rohen Zügen sich zu verschaffen; an systematische Ausfüllung einer Tabelle mit doppeltem Eingange, wie ich sie für Muskeln und Nerven schon besass (s. oben S. 13. 32), war nicht zu denken.

Die aus dem Organ mit der Scheere geschnittenen Streife waren etwa 30^{mm} lang und 5—8^{mm} breit; die Dicke des Organs mag 5^{mm} betragen haben, so dass, unter der Voraussetzung gleicher Leitungsgüte, die Streife ungefähr denselben Widerstand hatten, wie unser Muskelpaar.

Die Versuchsweise war die nämliche, wie für die Muskeln, nur dass, da das Organ nicht zuckt, der Spanner und die Keilbäusche zum Zuleiten des polarisirenden Stromes entbehrlich waren. Den beiden Enden des Streifes wurden gewöhnliche, mit Kupfersulphatlösung getränkte und mit Eiweisshäutchen bekleidete Zuleitungsbäusche angelegt;[3] die ableitenden Keilbäusche waren mit Kochsalzlösung getränkt, gleichfalls mit Eiweisshäutchen bekleidet, und bildeten die Fortsetzung der gewöhnlichen alten Zuleitungsgefässe mit Platinplatten in Kochsalzlösung. Endlich die abwechselnde Schliessung des primären und des secundären Kreises, die Isolirung beider Kreise von einander, die Beherrschung der Schliessungszeit u. s. w., geschahen mittels derselben Vorrichtung, deren ich mich für Muskeln und Nerven noch heute bediene. Abgesehen davon, dass sich die äussere Hautfläche gegen alle anderen Begrenzungen eines Streifes Organ schwach positiv verhielt, war am ruhenden Organe von elektromotorischer Wirkung nichts zu spüren.[4]

Die folgenden Angaben werden, nach allem Vorigen, ohne Weiteres verständlich sein. Die römischen Zahlen sind Grove, die Zeiten die Schliessungszeiten. $90^0 + x$ bedeutet Anschlagen an die Hemmung. Die Ablenkungen

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 718.

[2] Vergl. *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 188.

[3] In der 'Experimentalkritik' steht durch ein Versehen, dass auch die zuleitenden Bäusche Keilbäusche waren (a. a. O. S. 717).

[4] *Ebenda* S. 718; — *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 172.

an der Bussole sind nur innerhalb eines Versuchspaares mit auf- und absteigendem Strome sicher vergleichbar, da der Abstand der Rolle mehrfach geändert wurde, um die Ablesung des Ausschlages zu erleichtern.

		X	XX	XXX		
				frisch	ermüdet	erschöpft
0″·2	↑ S	— 90°	— 90	— 90	— 90	— 90
	P	15^sc	25	118	44	57
	S	— 90	— 90	+ (90 + x)	+ 70	— 50
	↓ P	15	25	132	44	52
10″	↑ S	—	— 90			
	P	—	80·5 (beständige Ablenkung)			
	S	—	— 90			
	↓ P	—	81 (beständige Ablenkung)			
20″	↑ S	— 90				
	P	—				
	S	— 90				
	↓ P	—				

Wie man sieht, liegt die Schwelle für das Hervortreten der positiven Polarisation sehr hoch, zwischen zwanzig und dreissig Grove, und der primäre absteigende Strom erscheint gegen den aufsteigenden verstärkt im Verhälthältniss von 112:100. Die Tabelle zeigt auch sogleich, dass am nämlichen Streif, in dem Maasse, wie durch wiederholte Versuche seine Leistungsfähigkeit erschöpft wird, die positive Polarisation wieder zurück-, die negative wieder hervortritt. In demselben Maasse verschwindet der Unterschied in der Stärke des auf- und absteigenden polarisirenden Stromes.

Schneller und vollständiger wird die Polarisirbarkeit des Organes bis auf einen kleinen Rest vernichtet durch die Siedhitze, welche zugleich, wie beim Muskel, den Widerstand des Organes bedeutend herabsetzt, — so in einem nicht auf Beobachtung der Polarisation gerichteten Versuche im Verhältniss von 100:42.

		XXX	
		frisch	gesotten
2″·0	↑ S	— 90° (*bis*)	— 24; — 20
	P	45; 48^sc	176; 176
	S	+ 90 + x (*bis*)	— 34; — 26·5
	↓ P	61; 80	186; 186

Da zugleich stärkere negative Polarisation erfolgte, hatte die grössere Stärke des absteigenden primären Stromes am gesottenen Stücke nichts zu schaffen mit dem Uebergewicht, welches sich an frischen Stücken im gleichen Sinne zeigt, sondern es fand aus irgend einem Grunde eine Störung der Reciprocität statt (s. oben S. 22). Dass jenes Uebergewicht von der positiven Polarisation herrührt, und dass das Ueberwiegen dieser in Richtung des Schlages kein bedeutungsloser Zufall ist, folgt ferner daraus, dass bei querer Durchströmung Nichts der Art sich kundgiebt.

Quer geschnittener Streif vom Rücken. Zwanzig Grove.

		$l \leftarrow r$	$l \rightarrow r$
0″·2	S	+ 90°	+ 90
	P	76sc	76
10″	S	— 90	— 90
	P	92; 104	98

r, *l* bedeuten rechts und links. Durch die Dicke des Organs hindurch, von der äusseren Haut zur inneren Sehnenhaut gaben selbst vierzig Grove bei 0″·2 Schliessungszeit nur etwa 25° in beiden Richtungen. Die sogenannte Hautschwarte gab mit dreissig Grove bei derselben Schliessungszeit nur — 2° nach beiden Richtungen. Von einem Stück Organ praeparirte ich Haut und Sehnenhaut ab; es fuhr fort secundäre Wirkungen, wenn auch in ziemlich regelloser Art zu geben, nicht zu verwundern, da es jede Regelmässigkeit des Baues eingebüsst hatte. Der Fettflosse liess sich weder mit dreissig Grove bei 0″·2, noch mit dreissig Grove bei 20″, noch mit zwanzig Grove bei 15″ Schliessungszeit secundär-elektromotorische Wirkung entlocken. Freilich war dies schon am Tage nach dem, an welchem der Fisch todt gefunden worden war. Doch konnte nicht hierin der Grund der Unwirksamkeit der Fettflosse liegen, wenn sie polarisirbar wäre wie das Organ, da dies um dieselbe Zeit noch kräftige secundär-elektromotorische Wirkungen gab. In der That, bei einer Temperatur von wenig über 0° in der feuchten Kammer aufbewahrt behält das Organ, gleich einem absterbenden Nerven (s. oben S. 45), erstaunlich lange ein geringes Maass von Polarisirbarkeit, wie folgende Tabelle zeigt, in welcher die primäre Wirkung nur ausnahmsweise vorkommt, da ein zweiter Beobachter nicht immer zur Hand war.

XXX

Jan.			13,	14,	15,	16,	17,	18, 1858.
0″·2	↑	S	— 90°	— 90 + *x*	—	— 90	— 45	— 8
		P	—	—	—	—	—	41sc
		S	+ 90	+ 60	—	{— 14 {+ 48	{— 6 {+ 12	{— 3 {+ 6
	↓	P	—	—	—	—	—	38

Ein auf die Seitenlinie senkrechter quer durchströmter Streif gab am 16. Januar in der einen Richtung — 55, in der anderen — 59°.

Noch am sechsten Tag also nach dem Tode des Fisches ist spurweise Polarisation nach demselben Gesetze wie am frischen Organe vorhanden. Schliesslich ging sie mit den Lebenseigenschaften verloren: das Organ fing an, eigenthümlich fade zu riechen. Von einem gewissen Zeitpunkt an werden die durch den absteigenden Strom erzeugten Wirkungen doppelsinnig. Dies ist wichtig, denn es lehrt, dass auch am Organ diese Wirkungen die algebraïsche Summe sind zweier Polarisationen, einer negativen flüchtigeren, und einer positiven langsamer absinkenden Polarisation.

Ueber die Polarisirbarkeit des Zitteraal-Organes stellte der verstorbene Dr. Sachs in Venezuela auf meine Veranlassung Versuche an, deren Ergebnisse ich schon so vollständig nach seinen Tagebüchern mittheilte, und auch discutirte, dass ich zu dem in den ‘Untersuchungen am Zitteraal’[1] Gesagten Nichts hinzuzufügen habe. Dort zeigte ich, dass diese Ergebnisse sich befriedigend herleiten lassen unter der Voraussetzung, dass im Organ des Zitteraales, wie in dem des Zitterwelses, zwei Polarisationen, eine positive und eine negative, nebeneinander bestehen, deren algebraïsche Summe in jedem Augenblick man zu sehen bekommt; dass auch dort die positive Polarisationscurve bezogen auf die Oeffnungszeit die minder steile, die negative die steilere ist. Wenn Dr. Sachs nie rein positive Ausschläge sah, so erklärt sich dies nur zu sicher aus einem Mangel in seiner Ausrüstung und Anleitung, an dem ich selber Schuld bin. Er hatte nur zwanzig kleine Grove bei sich, von denen drei zerbrochen ankamen, ein Unfall, auf den ich hätte rechnen sollen. Dann hatte ich ihm nicht hinlänglich eingeprägt, weil ich es mir selber nicht genügend vergegenwärtigt hatte, dass er zu diesen Versuchen die kleinsten Thiere nehmen, und vom Organ die dünnsten Streifen schneiden müsse. Bei der ausnehmend hohen ‘Schwelle’ welche das elektrische Organ für die positive Polarisation besitzt, und welche beim Zitteraal möglicherweise noch höher liegt als beim Zitterwels, ist es kein Wunder, wenn Dr. Sachs mit siebzehn Grove an Organstücken von 6—7 ^{cm} Querschnitt keine rein positiven Ausschläge erhielt.

Inzwischen ersetzt die Discussion der Sachs'schen ‚empirisch resultirenden’ Curven einigermaassen die verfehlte unmittelbare Beobachtung, indem sie an der Coëxistenz der beiden Polarisationen auch im Zitteraal-Organ keinen vernünftigen Zweifel lässt. Auch überzeugte sich Dr. Sachs, dass Siedhitze die Polarisirbarkeit des Organs vernichtet. Es scheint also Alles wie beim Zitterwelse vor sich zu gehen. Leider besteht aber zwischen

[1] A. a. O. S. 205—221. — Die Curven auf Taf. II des Werkes sind, wie man leicht erkennt, in unserer jetzigen Redeweise, Polarisationscurven bezogen auf die Oeffnungszeit.

Dr. Sachs' und meinen Versuchen in einem anderen Punkte ein bedenklicher Unterschied. Nach ihm wäre nämlich am Zitteraal-Organ die negative Polarisation stärker im Sinne des Schlages, während es am Zitterwels-Organ die positive Polarisation ist. Man könnte dabei an die bei beiden Fischen verschiedene Beziehung der Nervenendigung zur Richtung des Schlages denken.[1] Aber schon in den 'Untersuchungen am Zitteraal'[2] entwickelte ich die Gründe, aus welchen ich Dr. Sachs' Beweise für seine Angabe nicht für ausreichend erachte. Dr. Sachs selber hatte sichtlich keine Ahnung von dem tiefen Widerspruch, in welchen er hier zu mir gerieth, und er begnügte sich auf diesem schwierigen Gebiete mit einer einzigen Versuchsreihe, bei welcher er nicht einmal den primären Strom beobachtete, also ohne jede Sicherung gegen etwaige Irreciprocität der Leitung blieb. Unter diesen Umständen muss ich die Frage, welche Polarisation im Zitteraal-Organ die stärkere in der Richtung des Schlages sei, ob, wie im Zitterwels-Organ, die positive, oder ob, wie Dr. Sachs berichtet hat, die negative, für eine noch offene erklären.

Ueber die Polarisirbarkeit des Zitterrochen-Organs ist noch Nichts bekannt, nur dass ich einen Versuch Configliachi's aus dem Jahre 1805 auffand, in welchem, wie es scheint, mehrere auf einander geschichtete Organe von Zitterrochen nach Art einer Ritter'schen secundären Säule geladen, also negativ polarisirt wurden.[3]

Dass es bei den secundär-elektromotorischen Wirkungen der elektrischen Organe um die Summe der Wirkungen der einzelnen elektrischen Platten sich handelt, braucht nicht gesagt zu werden. Man könnte auf die Vorstellung gerathen, dass beim Polarisiren des Organes nur die elektrischen Nerven im Organ der Sitz der Polarisation würden. Gerade beim Zitterwelse tritt die Masse dieser Nerven so zurück gegen die des elektrischen Gewebes, dass diese Vorstellung ganz unhaltbar erscheint.

Von der Teleologie der Polarisation der elektrischen Organe, d. h. von der Rolle, welche sie möglicherweise im Mechanismus des Zitterfisch-Schlages spiele, habe ich schon wiederholt gehandelt.[4]

---

§. XXI. Theoretisches. Schlussbemerkungen.

Aus der Gesammtheit der mitgetheilten Erfahrungen ergiebt sich, dass Muskeln, Nerven und elektrische Organe nach einem gemeinsamen, bisher

[1] Vergl. *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 618.
[2] A. a. O. S. 218. 219.
[3] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 719. Anm.
[4] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. S. 722; — *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 220.

nur bei ihnen beobachteten Gesetze polarisirbar sind. Neben innerer negativer Polarisation, welche sich beim ersten Anblick nicht von der anderer feuchter poröser Körper unterscheidet, jedoch an die Lebenseigenschaften der Gewebe geknüpft ist, nehmen sie auch innere positive Polarisation an, welche bisher sonst nirgend wahrgenommen wurde; und bei allen dreien zeigt sich die positive Polarisation nachhaltiger, die negative flüchtiger, woraus doppelsinnige, erst negative, dann positive Wirkungen entspringen.

Freilich versuchte ich noch nicht bei vielen, und nicht bei den wichtigsten Objecten, wie den Drüsen, ob sie bei grosser Stromdichte und kleiner Schliessungszeit vielleicht positive Polarisation zeigen. Die Untersuchung der secundär-elektromotorischen Wirkungen ist eben noch in einem ganz unfertigen Zustande, in welchem ich sonst nicht gewohnt bin, Ergebnisse zu veröffentlichen. Doch glaube ich kaum, dass ich bei längerer Fortsetzung dieser Arbeiten in der Verborgenheit ihnen die erstrebte Vollendung ertheilt hätte. Wer der obigen Darlegung folgte, wird einsehen, dass hier eine überwältigende Masse neuer Thatsachen und Beziehungen vorliegt, zu deren erschöpfender Behandlung selbst jetzt, nach Eröffnung der vornehmsten Gesichtspunkte und Auffindung der richtigen Versuchsweisen, fast ein neues Forscherleben gehört.

Sollte sich aber auch noch bei anderen feuchten porösen Körpern positive innere Polarisation finden, so bliebe doch die an den Muskeln, Nerven und elektrischen Organen hervortretende ausgezeichnet durch ihre besondere Beziehung zu den Lebensthätigkeiten der Gewebe. In den regelmässigen monomeren Muskeln[1] ist die positive Polarisation in der Richtung vom Aequator nach den beiden Enden stärker als in der entgegengesetzten. Leider fehlt es, um Schlüsse aus dieser Thatsache zu ziehen, an einer wesentlichen Grundlage, der sicheren Kenntniss nämlich, wie in solchen Muskeln die Nervenendigungen vertheilt sind. Ich will diese schon einmal[2] von mir erörterte Frage hier nicht wieder aufnehmen, sondern begnüge mich mit der Bemerkung, dass, gleichviel ob jede Muskelfaser, wie Hr. W. Krause behauptet, nur an einer einzigen oder, wie Hr. Kühne will, an mehreren Stellen innervirt wird,[3] im Ganzen doch immer eine Con-

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 570.

[2] *Ebenda*, S. 568 ff.

[3] Ich weiss nicht recht, was Hrn. Kühne's neuere Ansichten über diesen Punkt sind. Seine Angaben von sechs bis acht Nervenendigungen an Sartoriusfasern (*Ueber die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven.* Leipzig 1862. 4°. Taf. III. Fig. XIV. F), weist er, als auf unvollkommene Untersuchung gegründet, jetzt von der Hand, und als Beweis für die Innervation der Muskelfaser an mehreren Stellen bildet er einzelne Nervenendigungen von Amphibien ab, in welchen die Nervenfaser sich in mehrere parallele Terminaläste auflöst, die aber in seiner eigenen Theorie doch zusammen nur Eine Innervationsstelle ausmachen (*Untersuchungen aus dem physiologischen*

tractionswelle von der Mitte des Muskels nach seinen Enden laufen werde. In den sensiblen, weniger sicher in den motorischen Nervenfasern überwiegt die positive Polarisation im Sinne der physiologischen Innervation. In der elektrischen Platte des Zitterwelses überwiegt sie im Sinne des Schlages.

Auch hier ist beiläufig kein Zweifel, dass die positive Polarisation die stärkere ist, nicht die negative Polarisation die schwächere. Wenn die polarisirende Stromdichte nur klein ist, erscheint die dann allein vorhandene negative Polarisation in beiden Richtungen gleich. Ebenso wenn die Siedhitze dem Organe von beiden Polarisationen nur ein geringes Maass negativer Polarisation übrig lässt, ist dies, wie an absterbenden sensiblen Wurzeln, in beiden Richtungen das nämliche. Da es somit für die elektrische Platte und für die Nervenwurzeln für erwiesen gelten darf, dass es die positive Polarisation ist, welche in der einen Richtung stärker auftritt, nicht die negative, welche zurücktritt, können wir dieselbe Deutung, durch einen Analogie-Schluss, wohl getrost auf das Verhalten der beiden Polarisationen in der oberen und unteren Hälfte regelmässiger monomerer Muskeln übertragen, wo es an einem unmittelbaren Beweise für diese Deutung noch fehlt.

In allen drei Gebilden also, Muskeln, Nerven und elektrischer Platte, stellt sich die positive Polarisation stärker dar in der Richtung, in welcher der diesen Gebilden eigenthümliche physiologische Vorgang — Contractionswelle, Innervationswelle, elektrischer Schlag — in ihnen vorschreitet. Ein Einblick, dessen Bedeutung, wenn er sich ferner bewährt, wohl kaum eine kleine sein kann. Denn die oben S. 45 erwogene Möglichkeit, dass das Ueberwiegen der aufsteigenden positiven Polarisation in den sensiblen Wurzeln nur eine Wirkung der physiologischen Innervationswelle sei, die sich häufig in diesem Sinne fortpflanzt, wird dadurch unwahrscheinlich, dass man dann drei ganz verschiedenen Vorgängen, der Contractionswelle, der Innervationswelle, dem elektrischen Schlage, dieselbe Wirkung zuschreiben müsste.

Versucht man nunmehr, sich ein Bild von dem zu machen, was in einem jener drei Gebilde bei der Polarisirung vor sich gehe, so ist man, was die negative Polarisation anlangt, zunächst natürlich geneigt, sie mit der inneren Polarisation der porösen feuchten Körper auf eine Linie zu stellen. Es liegt nahe, die Vernichtung der inneren Polarisirbarkeit der Muskeln und des elektrischen Organes durch die Siedhitze mit dem ver-

---

Institute der Universität Heidelberg. Sonderabdruck. Heidelberg 1879. S. 115. 129; — *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 416. 417). Man begreift nicht, was dies mit der Frage zu thun habe, ob jede Muskelfaser an mehreren makroskopisch auseinandergelegenen Stellen, oder ob sie nur an einer einzigen Stelle innervirt werde.

minderten Widerstand der Binnenflüssigkeit[1] in Verbindung zu bringen (s. oben S. 4); deren allmähliches Schwinden im Verlaufe des Absterbens mit der Säuerung,[2] welche nach Hrn. Ranke den Widerstand der Muskeln noch 2·4 Mal stärker herabsetzt, als die Siedhitze.[3] Damit würde stimmen, dass, gleichfalls nach Hrn. Ranke, die Bindesubstanzen, welche durch die Siedhitze ihre innere Polarisirbarkeit nicht einbüssen (s. oben S. 26), dadurch auch keine Verminderung ihres Widerstandes erfahren. Dunkel dagegen bleibt, dass die Siedhitze der Polarisirbarkeit mehr schadet, als das Absterben, da doch letzteres den Widerstand bedeutend mehr verringert, als die Siedhitze; und es fragt sich überhaupt, ob eine so geringe Verminderung des Widerstandes der Binnenflüssigkeit, wie sie beim Kochen des Muskels stattfindet, einer Wirkung fähig sei, zu welcher bei anderen porösen Körpern, beispielsweise Fliesspapier, die Leitungsgüte von Essigsäure, Ammoniak, Kupfer- und Zinksulphatlösung nicht ausreicht.[4]

Unter den Geweben, welche durch die Siedhitze und beim Absterben ihren Widerstand nicht ändern, führt Hr. Ranke auch die Nerven auf.[5] Daraus erwachsen weitere Schwierigkeiten. Nach Analogie mit der weissen Hirnsubstanz werden allem Ermessen nach die Nervenstämme durch die Siedhitze sauer.[6] Das würde die Vernichtung der inneren Polarisirbarkeit durch die Siedhitze erklären, nur dass man nicht verstände, weshalb die gesottenen Nerven nicht auch an Widerstand abnehmen, und weshalb absterbende Nerven, welche sich nicht säuern, ihre Polarisirbarkeit einbüssen.

Noch ein Hinderniss scheint sich der Auffassung der negativen Polarisation der Muskeln und Nerven als eines einfach physikalischen Vorganges, ähnlich der inneren Polarisation von Holz, Leder u. d. m. zu widersetzen. Die Abhängigkeit jener negativen Polarisation von Stromdichte und Schliessungszeit stimmt zwar beim ersten Anblick gut mit solcher Auffassung. Die negative Polarisation wächst dem Product aus diesen Variablen anfangs, wie es scheint, einigermaassen proportional. Sie nähert sich dann

---

[1] Diesen Namen hat Hr. Munk für die interstitielle Flüssigkeit der feuchten porösen Körper vorgeschlagen, sofern sie secundären Widerstand zeigen; er passt auch sehr gut auf dieselben Körper als Polarisations-Objecte (*dies Archiv.* 1873. S. 254).

[2] Hinsichtlich der Säuerung des gesottenen und des absterbenden elektrischen Organes s. die *Gesammelten Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 646; — *Untersuchungen am Zitteraal* u. s. w. S. 70.

[3] *Tetanus. Eine physiologische Studie.* Leipzig 1865. S. 35 ff.

[4] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. I. S. 25. 26; — Bd. II. S. 190.

[5] A. a. O. S. 33. 38.

[6] Gscheidlen in Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1874. Bd. VIII. S. 171 — Ueber die Reaction der gesottenen Nervenstämme scheint es seltsamer Weise keine Versuche zu geben. Vergl. Hermann in seinem *Handbuch,* a. a. O. S. 139.

langsam einer Grenze. Dies ist ganz das Verhalten, welches wir an Polarisationsströmen überhaupt gewöhnt sind, und welches sich aus dem Wesen der Polarisation leicht erklärt. An den Muskeln aber, und, wenn ich meinen älteren Beobachtungen trauen darf, auch an den Nerven, tritt mit wachsender Schliessungszeit ein Maximum der negativen Polarisation ein. Dies passt schlecht zur Vorstellung, dass es um gewöhnliche innere Polarisation sich handele. Die Deutung des Maximums auf ein um diese Zeit eintretendes Wachsthum der positiven Polarisation (s. oben S. 20) leuchtet um so weniger ein, als das Maximum vielmehr mit der Vernichtung der Polarisirbarkeit durch längere Einwirkung sehr starker Ströme zusammenzuhängen scheint (s. oben S. 27).

Hat es demgemäss sogar für die negative Polarisation der Muskeln, Nerven und elektrischen Organe seine Schwierigkeit, sie mit der gewöhnlichen inneren Polarisation zu identificiren, so fehlt es vollends an solchem Anhalt für Erklärung der positiven Polarisation. Angenommen, die negative sei gewöhnliche innere Polarisation, so würde sie sich mit dem physikalischen Vorgang an den oben S. 4 fingirten Zwischenplättchen decken. Dafür, dass an denselben Elektroden negative und positive Polarisation stattfinde, giebt es nur ein einziges, von mir beobachtetes Beispiel, nämlich bei Eisen und eisenhaltigem Zink in Zinksulphatlösung.[1] Obschon diese Doppelpolarisation von Schliessungs- und Oeffnungszeit ähnlich abhängt, wie die welche uns beschäftigt, wird man sich zur Erklärung letzterer schwerlich darauf berufen wollen. Um die Polarisation der Muskeln, Nerven, elektrischen Organe auf bekannte physikalische Thatsachen zurückzuführen, müsste man also in der Richtung des Stromes noch eine andere häufig wiederkehrende Discontinuität annehmen, welche, wie die Grenze gewisser Elektrolyte,[2] der Sitz einer positiven Polarisation würde. Wenn man auch in den Muskeln, zur Noth in den Nerven, solche Discontinuitäten namhaft machen könnte, so würde es doch daran in der elektrischen Zitterwels-Platte fehlen. Auch würde es sehr bedenklich, in allen drei so verschiedenen Gebilden einerlei Abwechselung von Stoffen, oder eine Abwechselung von Stoffen vorauszusetzen, welche einerlei secundär-elektromotorische Wirkungen hervorbrächte. Ohnehin ist die positive Polarisation des elektrischen Organes wohl zu stark, um sie auf diese Weise zu erklären.

Dazu kommt die besondere Art, wie die positive Polarisation von Stromdichte, Schliessungszeit und Oeffnungszeit abhängt. Abgesehen von dem Maximum bei längerer Schliessungszeit hat für die negative Polarisa-

---

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. I. S. 57—60.
[2] *Ebenda.* Bd. I. S. 6.

tion diese Abhängigkeit doch wenigstens ähnliche Form wie für die innere Polarisation der feuchten porösen Körper. Nicht so für die positive Polarisation. Für diese giebt es eine Schwelle der Stromdichte, unterhalb welcher sie nicht erscheint. Sie tritt dann plötzlich mit einer zwar noch mit der Stromdichte, aber mit der Schliessungszeit vergleichsweise wenig, wenn überhaupt noch wachsenden Stärke auf. Die Schwelle liegt für die elektrische Platte höher als für Muskeln und Nerven. Während die negative Polarisation nach Art der inneren Polarisation der porösen Körper mit wachsender Oeffnungszeit schnell schwindet, zeigt die positive Polarisation eine Nachhaltigkeit, welche auf eine andere Art von Mechanismus deutet. Doch soll nicht unerwähnt bleiben, dass auch die negative Polarisation an der Grenze gesättigter Zinksulphat- und physiologischer Kochsalzlösung sehr lange nachhält.[1]

[Auf alle Fälle verbietet die Beharrlichkeit der positiven Polarisation an einen anderen möglichen Ursprung für sie zu denken. Man könnte sich vorstellen, dass der polarisirende Strom die Binnenflüssigkeit in Bewegung setze, und dass diese einen Quincke'schen Diaphragmenstrom erzeuge, wie ich denn sogleich daran dachte, Hrn. Quincke's Entdeckung zur Erklärung der Elektrotonusströme zu verwerthen.[2] Man sieht aber, dass von solcher Deutung des positiven Nachstromes so wenig die Rede sein kann, wie etwa davon, ihn für einen Endinductionsstrom, hervorgebracht durch das Verschwinden des primären Stromes, ausgeben zu wollen.]

Obschon sodann die positive Polarisation sich an den in der Kälte absterbenden Nerven und elektrischen Platten lange spurweise nachweisen lässt, ist sie doch vom Lebenszustand der Gewebe abhängiger, als die negative Polarisation. Die Siedhitze macht ihr sofort und unbedingt ein Ende, wenn sie von der negativen Polarisation noch einen Rest bestehen lässt; und die verderbliche Wirkung starker Ströme auf die Polarisirbarkeit überhaupt trifft in erster Linie die positive Polarisation. Zu dem Allen kommt noch, um letztere als Phaenomen besonderer Würde und Tragweite zu kennzeichnen, die schon erwogene Beziehung zur Richtung der Contraction, der Innervation und des Fischschlages, endlich die nicht minder wichtige Beziehung zum Thätigkeitszustand der Gewebe.

Ich glaube nicht, dass ein physikalisch geschulter Kopf, der sich die Gesammtheit dieser Thatsachen heute unbefangen vor Augen hält, zu einem anderen Schlusse gelangen wird, als dem, zu welchem ich mich schon vor langen Jahren gedrängt sah. Es ist der Schluss, dass in den positiv polarisirbaren Gebilden nicht dem primären Strome gleichgerichtete elektro-

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 190.
[2] *Dies Archiv,* 1860. S. 542. Anm.

motorische Kräfte erzeugt, sondern dass die Träger schon vorhandener elektromotorischer Kräfte dem primären Strome gleichgerichtet werden. Fügt man hinzu, dass im natürlichen Zustand der Gebilde die Träger durch gewisse Kräfte in anderer Lage festgehalten werden, aus welcher sie immerhin durch beliebig schwache Ströme abgelenkt, jedoch erst durch Ströme von einer bestimmten Dichte dauernd entfernt werden können, so versöhnt diese einfache und naturgemässe Annahme die für die positive Polarisation erkannte Schwelle mit dem elektrotonisirenden Vermögen auch der schwächsten Ströme. Dass die grosse Nachhaltigkeit der positiven Polarisation gleichfalls zu dieser Anschauung passe, bedarf nicht der Erwähnung.

Da ich mit der positiven Polarisation der Muskeln kurz nach Veröffentlichung meines 'vorläufigen Abrisses' (1843), und lange vor Herausgabe des ersten Bandes meiner 'Untersuchungen' (1848) bekannt wurde, so sieht man jetzt, wie ich zu meiner Auffassung der elektromotorischen Erscheinungen der Muskeln und Nerven in jenem Werke kam. Die Verallgemeinerung, wodurch ich von der positiven Polarisation der Muskeln auf die der intrapolaren Nervenstrecke schloss, war vielleicht jugendlich kühn, allein die Natur gab mir Recht, als ich, wenige Jahre später, in dem positiven Nachstrom der Nerven das Zeichen der während des primären Stromes herrschenden positiven Polarisation entdeckte. Sofern es keine andere vernünftige Erklärung der positiven Polarisation geben dürfte, als die durch das Richten schon vorhandener Kräfte, leistet der Nachweis dieser Polarisation zugleich noch einen anderen Dienst. In meinen Augen wurde und wird dadurch der in Ermangelung eines natürlichen Nervenquerschnittes fehlende Beweis für das Vorhandensein elektromotorischer Kräfte im unversehrten Nerven geliefert. Der aus umsichtiger Prüfung des natürlichen Muskelquerschnittes sich ergebende Beweis des Daseins solcher Kräfte im Muskel wird ebendadurch verstärkt. Auf demselben Wege hoffte ich die elektromotorischen Kräfte der ruhenden Muskeln im lebenden Menschen nachzuweisen, deren Wahrnehmung durch die Hautströme, die Parelektronomie und die Nebenschliessung durch die Haut unmöglich gemacht wird. Bei den oben S. 27—29 erzählten Versuchen hatte ich dies im Auge, und in diesem Sinne sollten die secundär-elektromotorischen Erscheinungen den Schluss des achten Capitels meiner 'Untersuchungen' bilden, welches 'Von dem Muskelstrome und seinen Bewegungserscheinungen am lebenden unversehrten Thiere' handelt.[1]

Da ich nun ferner die Möglichkeit einsah, durch physiologische Polarisation von Trägern elektromotorischer Kräfte den Schlag der elektrischen Organe zu erklären; da ich das Glück hatte, auch hier positive Polarisation

[1] A. a. O. Bd. I. S. 240; — Bd. II. Abth. I. S. 331; — Abth. II. S. 1. 377.

im grössten Maassstabe und in unzweifelhafter Beziehung zum Schlage der Organe darzuthun; endlich da delle Chiaie's und Hr. Babuchin's Satz von der Praeformation der elektrischen Elemente in den Organen der Zitterfische an säulenartiger Verstärkung des Schlages in der Platte keinen Zweifel lässt: so wird man es erklärlich finden, dass ich noch immer auf dem rechten Wege zu sein glaube, und dass ich der von Hrn. Hermann seit sechzehn Jahren gegen meine Anschauungen geführten Polemik, welche mehr neue Kunstausdrücke als Thatsachen zu Tage förderte, bis auf Weiteres ruhig zusehe. Wiederholt, und von zwei ganz verschiedenen Grundhypothesen aus, hat Hr. Hermann demonstrirt, dass in der intrapolaren Strecke ein dem polarisirenden Strom entgegengesetzter Polarisationsstrom herrschen müsse (s. oben S. 37). Ich bin neugierig, durch welche Hülfshypothese er jetzt mit dem wirklich darin herrschenden gleichgerichteten Polarisationsstrom fertig werden wird.

Jene richtbaren Träger elektromotorischer Kräfte in den Muskeln, Nerven und elektrischen Organen nannte ich bekanntlich elektromotorische Molekeln, und ohne zunächst etwas über ihre Natur auszusagen, schematisirte ich sie in einfachster Weise.[1] Die Entdeckung der Neigungsströme setzte mich später in den Stand, über die Anordnung der in den Muskeln praeexistirenden elektromotorischen Kräfte Bestimmteres anzugeben. An Stelle der halb elektropositiven, halb elektronegativen Kugeln traten elektromotorische Flächenelemente,[2] während ich zugleich die unvollständig gebliebene Darstellung in den 'Untersuchungen' dahin ergänzte, dass ich mir diese Elemente als Herde eines chemischen Processes denke, desselben etwa, welcher die Athmung der Gewebe ausmacht.

Die diesen Vorstellungen entgegenstehenden Schwierigkeiten kenne ich besser als irgendwer. Hier ist die Frage, wie man sich das Richten der elektromotorischen Molekeln durch den Strom zu denken habe. Um es zu erläutern, hatte ich an die Grothuss'sche Theorie der Elektrolyse erinnert. Hr. Hermann schrieb mir fälschlich die Meinung zu, dass der Strom die Molekeln elektrodynamisch drehe, und er suchte diese Drehung aus dem Ampère'schen Grundgesetze herzuleiten, indem er der zu richtenden Molekel ein drehbares Stromelement, und dem Gesammtstrom einen durch die Mitte des Elementes gehenden Stromfaden substituirte.[3] Später bemerkte wohl Hr. Hermann, dass er mich mit einer mir fremden Theorie beschenke, aber er glaubt doch meine Elektrotonus-Hypothese in dieser Form vortragen zu sollen, in der er sie schlechthin die 'elektrodynamische Theorie'

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität* u. s. w. Bd. II. Abth. I. S. 323.

[2] *Gesammelte Abhandlungen.* u. s. w. Bd. II. S. 122. 291. 671. 672.

[3] *Untersuchungen zur Physiologie der Muskeln und Nerven.* Berlin 1866. 3. Hft. S. 66.

nennt, weil er meint, dass auf die durch eine Zwischenflüssigkeit getrennten elektromotorischen Molekeln die Grothuss'sche Anschauung nicht übertragbar sei.[1]

Ich hatte gute Gründe, keine elektrodynamische Theorie der Art zu versuchen. Hrn. Hermann's Betrachtung ist ganz unzulänglich. Die Aufgabe, die elektrodynamische Wechselwirkung zwischen einer elektrischen Strömung und einer elektromotorischen Molekel zu bestimmen, führt zwar auf mehrere haikle Punkte, allein so weit die elektrodynamischen Kräfte sicher bekannt sind, lässt sich schon jetzt behaupten, dass durch solche Kräfte keine Drehung der Molekel möglich sei. [Und es ist von Wichtigkeit, dass sich dies so verhält. Hr. Hermann hat sich nicht überlegt, dass, wenn seine Vorstellung richtig wäre, ein Nerv durch einen ruhenden Magnet oder einen in der Nähe kreisenden Strom elektrotonisirt werden müsste. Die Fabeln von der Fernwirkung von Magneten auf das Nervensystem lebender Menschen hätten dann einen sicheren Boden. Ich habe mich aber früh durch scharfe Versuche überzeugt, dass dem nicht so ist. Man kann in unmittelbarer Nähe eines Nerven die stärksten magnetischen Kraftlinien entstehen und vergehen lassen, oder in dichtgedrängten Windungen, denen ein Nerv anliegt, einen mächtigen Strom herstellen und abbrechen, ohne dass Zuckung erfolgt.[3]]

Sofern in ihrer ursprünglichen Gestalt die Grothuss'sche Theorie voraussetzt, dass Sauerstoff- und Wasserstoffatome durch den in elektrochemischer Zerlegung begriffenen Leiter zweiter Classe eine Art molecularer Kette bilden, passt freilich dies Bild nicht strenge auf die Polarisation der Muskeln, Nerven und elektrischen Organe durch den Strom. Um indess das sich Richten der Molekeln so plausibel zu machen, wie es mit dergleichen Molecularvorgängen überhaupt gelingt, scheint mir meine Auseinandersetzung in den 'Untersuchungen' noch heute genügend. Sie hat sogar seitdem noch eine Stütze gewonnen an der Entdeckung der anaphorischen Wirkungen des Stromes durch Hrn. Jürgensen[3] und deren Erklärung durch Hrn. Quincke.[4] Wenn in einer Flüssigkeit schwebende, durch Berührung damit negativ elektrisirte Theilchen vor unseren Augen zur Anode wandern, scheint der Schluss nicht allzu gewagt, dass eine halb elektropositive, halb elektronegative, nicht verschiebbare, aber frei drehbare

---

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1874. Bd. VIII. S. 268; — *Handbuch der Physiologie.* 1878. A. a. O. S. 171. 172.

[2] *Untersuchungen über thierische Elektricität* u. s. w. Bd. II. Abth. I. S. 23. 24 Anm.; — *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 297.

[3] *Dies Archiv.* 1860. S. 673.

[4] Poggendorff's *Annalen der Physik und Chemie.* 1861. Bd. CXIII. S. 565.

Molekel ihren positiven Pol der Kathode, ihren negativen der Anode zuwenden würde.

Doch ich lege auf solche Speculationen geringen Werth. Mir genügt es vor der Hand, zu wissen, dass in Muskeln, Nerven und elektrischen Organen Träger elektromotorischer Kräfte vorhanden sind, welche der Strom irgendwie richtet, welche zu den Lebensthätigkeiten dieser Gewebe in Beziehung stehen, beim elektrischen Organe sogar dessen räthselhafte Wirkung einigermaassen erklären. Gegenüber der Fülle thatsächlicher Fragen, welche hier noch der Antwort harren, halte ich es für verlorene Mühe, sich weiter in Vermuthungen zu ergehen. Erst nachdem das Gebiet der secundär-elektromotorischen Erscheinungen nach jeder Richtung ergründet sein wird, kann man hoffen, in den Molecularmechanismus der elektromotorischen Gewebe etwas tiefer einzudringen.

Auszug aus dem Protocoll der fünften Plenar-Sitzung des internationalen Congresses der Elektriker zu Paris

am 28. September 1881.

(Présidence de M. Ad. Cochery, Ministre des Postes et des Télégraphes.)[1]

[Ich habe geglaubt, dass der hier abgedruckte, den deutschen physiologischen Lesern sonst nicht leicht zugängliche Bericht ein gewisses Interesse beanspruchen darf, sofern aus ihm der Standpunkt der Einsicht erhellt, auf welchem damals die nicht deutschen Mitglieder der Subcommission noch verharrten. In einer nur aus deutschen Physiologen und Elektrikern zusammengesetzten Versammlung dürften sehr verschiedene Fragen von den in Paris zur Sprache gekommenen erörtert worden sein. Doch gehört zur Vervollständigung dieses Eindruckes noch die Kenntniss einer Schrift, welche mehrere französische Gelehrte im Auftrage des Post- und Telegraphen-Ministeriums unter dem Titel herausgaben: 'L'Électricité et ses Applications. Exposé sommaire et Notices sur les différentes Classes de l'Exposition etc. Paris 1881.' Der Artikel 'Électro-physiologie et Électro-thérapie' ist aus der Feder eines der grössten lebenden Physiologen Frankreichs, des Hrn. Paul Bert. Die kurze Uebersicht über die Lehre vom Muskel- und Nervenstrom ist ein merkwürdiges Beispiel kecker Oberflächlichkeit und naiver Unwissenheit an so hervorragender Stelle. Es genüge beispielsweise anzuführen, dass Hr. Paul Bert die negative Schwankung des Muskelstromes bei der Zusammenziehung auch von todten Muskeln, nach Lösung der Starre, erhält, und dass er vom Elektrotonus sagt: „Duboys-Reymond a découvert également qu'un nerf qui est traversé par un courant devient plus excitable et produit un courant électrique. Il donna à cet état particulier du nerf le nom d'état électro-tonique et en arriva à l'expliquer par une propriété inconnue du nerf vivant. Pflüger reprit ces expériences et créa la théorie de l'électro-tonus. Ramenons cette théorie dont on a fait un *casse-tête chinois* aux faits qui lui ont donné naissance etc." Die Worte Anelektrotonus und Katelektrotonus sind Gambetta's Unterrichts-Minister chinesisch vorgekommen.

Was den vom Congress so nachdrücklich empfohlenen, ja gewissermaassen von ihm bei Strafe der Excommunication anbefohlenen Gebrauch der theoretisch begründeten Maasseinheiten für elektromotorische Kraft, Widerstand, Stromstärke

---

[1] Aus: Ministère des Postes et des Télégraphes. — Congrès international des Électriciens. Paris 1881. Comptes rendus des Travaux. Paris 1882. p. 69 et suiv.

u. d. m. betrifft, so würde er meines Erachtens für die Elektrophysiologie vorläufig eine Luxusconsumption an 'Exactheit' darstellen. Ich denke, wir bleiben für's Erste ohne Schaden bei dem Raoult (Daniell mit Zinksulphatlösung statt der verdünnten Schwefelsäure) als Einheit der elektromotorischen Kraft, und bei der Siemens'schen Quecksilbereinheit als Einheit des Widerstandes. Zwar haben wir in unserem Gebiete noch nicht soviel gemessen, dass wir uns durch die Masse der vorhandenen, umzurechnenden Daten bestimmen lassen könnten, bei den alten Einheiten zu bleiben, wie in der Meteorologie Dove glaubte, deshalb die Réaumur'sche Scale beibehalten zu sollen. Allein jene empirischen Maasseinheiten haben für den Hausgebrauch des Laboratoriums doch den unläugbaren Vorzug, wohlbekannte erfahrungsmässige Vorstellungen zu erwecken. Die Sünde wider den fortschreitenden Geist der Wissenschaft, welche in ihrer Anwendung liegt, ist ohnehin nicht grösser als die, deren die strenggläubigsten Physico-Mathematiker sich schuldig machen, wenn sie Temperaturen statt vom absoluten Nullpunkte, vom Eispunkte aus messen; besonders wenn man sich erinnert, dass auch das C.-G.-S.-System eine ganz willkürliche Bestimmung, die des Meters, in sich schliesst. Wie im Fall der Temperaturgrade mittels einer additiven Constanten, kann man übrigens, wo es Einem nützlich scheint, jeden Augenblick das empirische in das theoretische Maass mittels eines Coëfficienten umrechnen. Die dazu dienlichen Coëfficienten findet man in Wiedemann's *Lehre von der Elektricität*, *als dritte Auflage der Lehre vom Galvanismus* u. s. w., Bd. I. Braunschweig 1882. S. 329. § 342 zusammengestellt.

An die liebenswürdige Zuvorkommenheit, mit welcher die deutschen Gelehrten von den französischen Collegen aufgenommen wurden, und die soweit ging, dass mir der Vorsitz der elektrophysiologischen Subcommission übertragen wurde, werden wir stets mit wärmstem Dank zurückdenken. — E. d. B.-R.]

M. du Bois-Reymond (Allemagne), président et rapporteur de la Sous-Commission d'électro-physiologie nommée par la 1re Section, donne lecture du rapport suivant:

Conclusions adoptées par la Sous-Commission d'électro-physiologie nommée par la première Section du congrès international des électriciens.

M. E. du Bois-Reymond, *rapporteur*. Membres: MM. d'Arsonval, E. du Bois-Reymond, Christiani, Gariel, Helmholtz, Joubert, Lippmann, Marcel Deprez, Marey, Mascart, Rossetti, Terquem, de Ziemssen.

Nécessité de définir d'une façon scientifique les courants dont on fait usage dans les opérations médicales, et d'en rattacher la mesure aux unités électriques.

Elle a cru devoir scinder cette question en deux, l'une se rapportant aux opérations médicales proprement dites, c'est-à-dire au traitement des

maladies par les courants continus ou discontinus, l'autre aux expériences de laboratoire faites sur les muscles et les nerfs des animaux dans un but scientifique.

Les courants continus employés dans les opérations thérapeutiques ne peuvent être mesurés qu'après que le courant aura subi la diminution d'intensité résultant de la résistance de l'épiderme, etc. Il sera utile aux praticiens de se servir, à cet effet, de galvanomètres gradués en unités se rattachant au système C. G. S., comme M. d'Arsonval l'a proposé, et comme cela se fait déjà à Munich. L'électro-thérapeute, dès lors, pourra dire qu'il a cru obtenir tels et tels effets à l'aide d'un courant de telle et telle intensité absolue. La Sous-Commission recommande aussi, pour les opérations médicales, l'emploi des électrodes impolarisables de M. Hitzig, construites sur le modèle de celles de M. du Bois-Reymond, dont il va être question tout à l'heure. Avec ces électrodes plus de douleurs et plus d'érythème.

Quant à la définition des courants discontinus, il ne semble guère nécessaire en électro-thérapie de la donner autrement que par la distance des deux bobines de l'appareil à traîneau de M. du Bois-Reymond, pourvu qu'on veuille se conformer, comme cela se fait assez généralement en Allemagne, à un certain modèle, et se servir, dans le circuit inducteur, d'une pile toujours identique, par exemple d'un élément de Daniell. La Sous-Commission recommande le modèle adoptê après une longue expérience dans le laboratoire de physiologie de l'Université de Berlin.[1]

Passant à la seconde partie de la première question, la Sous-Commission a pensé que dans les cas ordinaires d'excitation tels qu'ils se rencontrent en physiologie expérimentale, l'appareil à traîneau, modèle du Bois-Reymond, suffira également. Il sera difficile de trouver quelque chose de plus commode pour tétaniser, par exemple, le nerf vague, la portion cervicale du nerf sympathique, etc. On pourra, dans les expériences de ce genre, se servir sans inconvénient d'électrodes en platine recourbées en crochet, sur lesquelles on placera l'extrémité des filets nerveux coupés. Pour commencer et pour terminer instantanément l'action des courants sur le nerf, et pour se mettre à l'abri des contractions unipolaires, il conviendra d'avoir recours à l'artifice indiqué par M. du Bois-Reymond, qui consiste à ouvrir et à fermer aux instants voulus une de ses clefs, intercalée dans le circuit de manière que le levier en constitue, pour le nerf, un circuit dérivateur d'une résistance insensible au point de vue pratique.

Mais qu'il s'agisse des effets du courant sur les nerfs isolés de la grenouille, les conditions d'une expérimentation rigoureuse deviennent beaucoup plus difficiles à remplir.

[1] Ces appareils sont fabriqués par M. Krüger, 20, Simeon-Str., [jetzt 57, Ritterstr. S. W.] à Berlin.

Le trembleur de l'appareil à traîneau dans sa forme primitive est loin d'offrir les garanties nécessaires d'uniformité d'action. Il faudra le remplacer par un diapason vibrant, muni d'un style en platine, plongeant dans du mercure au-dessous d'une couche d'alcool sans cesse renouvelée par le tube laveur de M. Kronecker. M. d'Arsonval a aussi indiqué un procédé pour conserver nette la surface du mercure.

Pour régulariser l'action de l'interrupteur, M. Helmholtz a muni l'appareil à traîneau d'un dispositif qui met fin, ou à peu près, à la différence qui, avec le dispositif ordinaire, subsiste entre le courant induit par la clôture et celui induit par la rupture du circuit inducteur. Le modèle de l'appareil à traîneau recommandé plus haut est muni du dispositif Helmholtz.

Toutefois, en faisant usage de l'appareil à traîneau ainsi modifié, l'expérimentateur se trouvera toujours restreint à l'usage d'un certain nombre, plus ou moins considérable, mais peu ou point variable, d'excitations élémentaires dans l'unité de temps, et même chacune de ces excitations sera définie d'une manière très imparfaite. Or, pour l'étude exacte de l'action des courants sur les nerfs, voici les conditions qu'il faudrait pouvoir réaliser à volonté. Il faudrait :

1° Disposer d'une courbe d'intensité de forme connue, et aussi simple que possible, linéaire si cela pouvait se faire, ou, pour le moins, sinusoïdale;

2° Pouvoir faire varier le paramètre de cette courbe, ou la tangente de la droite dans le cas qu'elle fût linéaire;

3° Pouvoir reproduire l'excitation élémentaire ainsi définie à des intervalles de temps plus ou moins longs, sans que le caractère de l'excitation élémentaire s'en ressente;

4° Pouvoir aussi faire à volonté alterner le sens des décharges consécutives passant par le nerf.

Plusieurs dispositifs sont propres à satisfaire au moins à une partie de ces conditions. M. de Fleischl, de Vienne, à décrit un appareil qu'il nomme Rhéonome, et dans lequel une lame de zinc amalgamé parcourt une rainure circulaire remplie d'une solution saturée et neutre de sulfate de zinc. La colonne liquide formant un circuit dérivateur par rapport au nerf, et certaines conditions de résistance étant remplies, la courbe d'intensité du courant dans le nerf devient une droite dont la tangente est proportionnelle à la vitesse de rotation imprimée à la lame.

Deux autres projets d'expérimentation qui se proposent un but semblable, ont été présentés à la Sous-Commission. L'un, suggéré par M. Joubert et modifié dans le cours de la discussion par M. Helmholtz, consisterait à imprimer un mouvement rotatoire ou d'oscillation à un barreau aimanté placé en présence d'une bobine. Il sera aisé de faire en sorte que

la courbe d'intensité des courants soit sinusoïdale. La bobine restant stationnaire, il n'y aurait pas à se préoccuper des variations de résistance. Il est vrai que les variations d'intensité du barreau aimanté constitueraient une nouvelle cause d'erreurs. En ayant recours au champ magnétique du globe terrestre, on renoncerait à l'avantage de maintenir constants les contacts dans le circuit induit; d'ailleurs il faudrait, en ce cas, employer des bobines de dimensions très considérables.

M. Helmholtz a encore conçu le projet d'une méthode reposant sur un principe tout à fait différent. Qu'on s'imagine un disque métallique immobile, découpé d'après un certain patron, et communiquant avec l'un des pôles d'une pile. Dans un plan parallèle à celui de ce disque, et très près de l'une de ses faces, se mouvrait un second disque, découpé à son tour d'après un certain patron, et communiquant par le nerf, soit avec la terre, soit avec l'autre pôle de la pile. Il sera facile de donner aux deux disques une forme telle que les charges et décharges résultant de l'induction électro-statique exercée par l'un des disques sur l'autre se fassent d'après une loi voulue. La Sous-Commission croit devoir recommander aux physiologistes occupés de la physiologie générale des muscles et des nerfs, l'essai de ce procédé qui lui paraît susceptible d'une grande précision.

Quel que soit le mode d'excitation qu'on emploie, le plus grand soin devra être apporté à la manière dont le nerf sera placé dans le circuit. Il ne faut jamais, dans des expériences tant soit peu exactes, toucher les nerfs avec des électrodes métalliques. Non seulement il y a polarisation au contact de tous les métaux, même du zinc pur ou amalgamé, mais aussi les nerfs sont altérés chimiquement par les produits électrolytiques. La seule manière irréprochable d'introduire le nerf dans le circuit, c'est de faire usage: 1° du zinc amalgamé plongeant dans une solution concentrée et neutre du sulfate de zinc; 2° d'interposer entre cette solution, qui attaquerait également la substance du nerf, de l'argile plastique des sculpteurs, pétrie avec une solution de chlorure de sodium à $^6/_{10}$ p. 0/0 d'eau. Cette solution, dont l'usage a été introduit par M. de Kölliker, mérite le nom de solution physiologique qu'on lui donne en Allemagne, en tant que les muscles et les nerfs y conservent l'état de survie aussi longtemps que s'ils étaient restés dans le corps de l'animal tué.

Ceci mène à la seconde question proposée à la Sous-Commission, savoir: *Quels sont les meilleurs moyens à employer pour déterminer la nature des phénomènes électriques qui se produisent chez les animaux.*

Dans toutes les expériences d'électricité animale, il faut faire usage, pour dériver les courants, d'électrodes impolarisables telles qu'elles viennent d'être décrites. On leur donnera, en général, deux formes différentes; pour les muscles ou pour les parties d'organes électriques, on se servira des

vases rhéophores en zinc (modèle du Bois-Reymond); pour l'étude de la variation négative du courant nerveux ou de l'électro-tonus, on préférera les électrodes se terminant en pointe d'argile, qui sont aussi les meilleures pour introduire dans les nerfs les courants excitateurs.

Il n'y a que les poissons électriques à l'état de vie et de santé, chez qui les différences de potentiel soient assez considérables pour n'avoir pas à tenir compte du manque d'homogénéité des électrodes.

Quant aux appareils propres à étudier et à mesurer les effects électriques des tissus animaux et végétaux, il faudra faire usage à tour de rôle, suivant la nature des questions à traiter, de tous les instruments capables de fournir des renseignements sur l'intensité et les variations des courants électro-physiologiques, dans différentes circonstances.

Pour l'étude des courants continus ou à variations lentes, le meilleur moyen à employer est la boussole à miroir, modèle [Wiedemann modifié par M.] du Bois-Reymond, rendue apériodique par l'addition du barreau compensateur de Haüy.[1] On y joindra le compensateur circulaire de M. du Bois-Reymond, qui, à l'aide d'une simple mesure de longueur, permet d'évaluer en dix millièmes de Daniell les différences de potentiel à la surface des électromoteurs organiques. En général, si les courants sont d'intensité variable, la boussole ne fournira que l'aire de la courbe des intensités, mais combinée avec le *rhéotome différentiel* de M. Bernstein,

[1] On appelle apériodique le mouvement d'une aiguille aimantée qui n'oscille plus, mais va occuper sa nouvelle position d'équilibre sous l'empire d'un courant, sans la dépasser visiblement, et retombe de même vers le zéro, qu'en théorie elle n'atteint qu'après un temps infini. Cet état commence à se manifester dès qu'il existe un certain rapport, très facile à ètablir en pratique, entre la force amortissante et la force directrice diminuée par le barreau compensateur de Haüy. Dans ces conditions le temps de la chute, si l'on peut l'appeler ainsi, de l'aiguille aimantée vers une nouvelle position d'équilibre, est un minimum, qui, dans de bonnes conditions, ne dépasse pas 5 secondes. [Diese Anmerkung war nicht unnütz, da die oben S. 63 angeführte Schrift 'l'Électricité et ses Applications' in dem Abschnitt 'Électrométrie' aus der Feder des Hrn. J. Raynaud (Ingénieur des Télégraphes) auf S. 66 folgende Definition der Aperiodicität bringt. Von Hrn. Marcel Deprez's zum Messen der Ströme von Dynamomaschinen angegebenem *Galvanomètre à arête* heisst es: „Lorsque le courant passe, l'aiguille saute „brusquement à sa nouvelle position d'équilibre, *où elle vibre nn instant comme un „diapason.*" Dazu bemerkt der Verfasser: „Ce galvanomètre est donc *apériodique.* Un „instrument devient apériodique quand la période des vibrutions propres de la partie „mobile est très petite par rapport à la durée du phénomène à enregistrer. D'où la „règle pratique qu'il faut donner à la partie mobile (l'aiguille ou l'aimant et le miroir) „une masse très faible et employer une force directrice très grande. Cette règle a déja „été appliquée par M. Thomson dans son *dead beat speaking galvanometer.*" Meine Abhandlung 'Ueber aperiodische Bewegung gedämpfter Magnete' erschien im Novemberheft 1869 der *Monatsberichte der Berliner Akademie* und in den *Archives des Sciences physiques et naturelles,* 1872. t. XLIV. p. 312 et XLV. p. 84).]

elle donne les ordonnées successives de la courbe, par exemple, dans le cas de la variation négative du courant musculaire ou nerveux, après une irritation instantanée.

Il n'y a pas jusqu'à la décomposition de l'iodure de potassium qui ne puisse être utilisée, dans certains cas, pour l'étude des courants électro-physiologiques.

Dans d'autres cas, lorsqu'il s'agit de variations plus ou moins instantanées, il faudra substituer à la boussole des appareils à indications plus rapides. C'est ainsi que, dès le début de ses recherches d'électricité animale, M. du Bois-Reymond, en développant une méthode due à Galvani et à Matteucci, a fait usage de la préparation que l'on nomme grenouille rhéoscopique.

Le génie inventif de M. Lippmann a doté la science d'un appareil très précieux pour l'exploration des courants à variation rapide, et qui pourra être d'une grande utilité dans l'étude soit des décharges des poissons électriques, soit des variations brusques des courants musculaires et nerveux. L'électromètre capillaire est d'un usage sûr et facile, et d'une sensibilité égale, sinon supérieure, à celle de la meilleure boussole. Avec les précautions nécessaires, on pourra, avec son aide, mesurer entre certaines limites les différences de potentiel des électromoteurs organiques. En photographiant ces indications, comme le propose M. Marey, on parviendrait même à connaître la forme de la courbe des intensités, et à fixer l'image des phénomènes. Quant à la meilleure forme à donner à l'électromètre capillaire, il faudra des essais ultérieurs. Le modèle de M. Christiani est probablement, à l'heure qu'il est, le plus recommandable pour les physiologistes.

Il y a des cas enfin, comme celui des poissons électriques, où le téléphone, en vertu de son application facile, de sa sensibilité exquise et de la rapidité instantanée de ses indications peut rendre d'excellents services.

Est-il nécessaire d'ajouter que les meilleures méthodes d'observation et d'expérimentation resteront infructueuses sans une critique expérimentale vigilante et consciencieuse, aussi éloignée d'une crédulité aveugle que d'un pyrrhonisme non moins préjudiciable au progrès des connaissances humaines.

Bericht über eine Reise zur Untersuchung der in den Museen Englands und Hollands vorhandenen Torpedineen.

Von

Prof. Gustav Fritsch.[1]

Der Königlichen Akademie der Wissenschaften erlaube ich mir folgenden Bericht über die während des Monates August d. J. in England und Holland ausgeführten Arbeiten vorzulegen.

Da es keinem Zweifel unterliegen konnte, dass die Sammlungen des British Museum in London die grösste Aussicht auf Förderung meiner Aufgaben darbieten würden, so reiste ich am Sonnabend 5. August direct nach London, und hatte bereits am folgenden Montag das gewünschte Material unter den Händen, da Hr. Dr. Günther mir dasselbe in freundlicher Berücksichtigung der schriftlich geäusserten Wünsche hatte zurecht stellen lassen.

Es fand sich unter den Torpedineen das typische Exemplar von Torpedo hebetans Lowe, dessen anderweitige Merkmale mir die Verwandtschaft mit

---

[1] Aus dem *Sitzungsbericht der kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften* vom 23. November (ausgegeben am 30. November) 1882. Bd. II. S. 1007—1010. — Prof. Fritsch's Reise hatte zum Zweck, an noch mehr Torpedineen-Species, als Hr. Prof. Peters ihm im hiesigen zoologischen Museum zur Verfügung stellen konnte, die Richtigkeit des Schlusses zu prüfen, den ich aus dem von mir sogenannten delle Chiaie-Babuchin'schen Satze gefolgert hatte, dass nämlich jeder guten Torpedineen-Species eine gewisse mittlere Säulenzahl als diagnostisches Merkmal zukomme. S. meinen „Vorläufigen Bericht über die von Prof. Gustav Fritsch in Aegypten und am Mittelmeer angestellten neuen Untersuchungen an elektrischen Fischen" (Zweite Hälfte). In *diesem Archiv,* 1882. S. 394 ff.

T. occidentalis Storer, sowie mit T. californica wahrscheinlich machten, und damit die Ueberzeugung erweckten, dass nach dem Gesetz der Correlation auch die Säulenzahl der elektrischen Organe eine besonders grosse sein werde.

Es verdient die dankbarste Anerkennung, dass mir auf dringendes Bitten Hr. Dr. Günther gestattete, die betreffende anatomische Untersuchung an dem typischen Exemplar vorzunehmen, welche Untersuchung die Richtigkeit der ausgesprochenen Vermuthung rechtfertigte und die drei genannten Arten: T. occidentalis, californica und hebetans auch durch den Bau der elektrischen Organe als eng verwandte Species hinstellte. Nunmehr wird es nur nothwendig sein, auch bei Exemplaren der immer zweifelhafter gewordenen Species T. nobiliana Bon. die Säulenzählung vorzunehmen, um ihr Verhältniss zu den anderen sicher zu stellen.

Die angedeutete Vergleichung bestätigt in erfreulicher Weise die auch durch Hrn. Dr. Günther selbst schon auf anderweitige Untersuchungen hin behauptete Uebereinstimmung der Meeresfauna der atlantischen und der pacifischen Küsten, sowie die Verbreitung amerikanischer Thierformen des Meeres bis an die europäischen Küsten.

Ausser diesem besonders wichtigen Ergebniss galt es nun aus dem Material des Museums bei einer Reihe seltener oder anderswo gar nicht zugänglicher Arten den Bau der elektrischen Organe, das Verhältniss der beiden Seiten des Körpers sowie das Mosaïk der Säulen festzustellen.

Diese Untersuchungen wurden ausgeführt an folgenden Species, von denen mir der grössere Theil noch neu war und mit grösster Wahrscheinlichkeit überhaupt bisher auf die elektrischen Organe nicht untersucht wurde, nämlich: Hypnos subnigrum A. Dum., Narcine tasmaniensis (erwachsen und embryonal), Narcine lingula, Narcine timlei, Torpedo fuscomaculata, Astrape dipterygia, Astrape capensis.

Von den freigelegten Organen sowie ihrem Verhältniss zur Körpergestalt wurden zur späteren Vergleichung mit anderweitigem Material Skizzen entworfen; die Säulenzahl wurde bei allen festgestellt und die mit Copirtinte auf Glas entworfenen Diagramme der Zählungen auf Papier übertragen.

Ausser der Torpedo nobiliana, deren ich trotz allen Bemühungen noch nicht habhaft werden konnte, existirt nunmehr in den europäischen Museen keine Art, welche in den von mir zusammengestellten Tabellen nicht vertreten wäre, und ich verdanke diese erfreuliche Vervollständigung zum erheblichen Theile dem freundlichen Entgegenkommen im British Museum.[1]

[1] Ob Discopyge Tschudii irgendwo in europäischen Sammlungen existirt, weiss ich nicht.

Unter angestrengter Arbeit konnte ich im Laufe einer Woche die erwähnten Arbeiten beendigen, und wendete mich nun nach dem Royal College of Surgeons, um nachzuforschen, ob dort nicht von den durch Hunter beschriebenen, 1773 bei Torbay gefangenen riesigen Exemplaren etwas vorhanden sei; im Hinblick auf meine in Wien an T. occidentalis ausgeführten Zählungen im Vergleich mit den Hunter'schen hatte ich dieselben als zu letzterer Species gehörig ansprechen müssen.

Obgleich im College of Surgeons wie im British Museum die Sammlungen sich im Stadium der Umstellung und Renovirung befanden, wurde ich von den Beamten der Anstalt doch in den Nachforschungen freundlichst unterstützt, und fand als Rest der erwähnten Fische ein noch wohlerhaltenes Praeparat (Descriptive Catalogue No. 2176), welches die Schädelkapsel eröffnet, Gehirn und Rückenmark, sowie das System der Kopfnerven und elektrischen Nerven freigelegt zeigt; von dem einen (rechten) Organ ist der innere Randtheil, wo die Nerven sich einfügen, erhalten. Dies äusserst interessante, historische Praeparat, welches in England wohl völlig der Vergessenheit anheimgefallen war, wurde von mir in natürlicher Grösse skizzirt, so gut dies bei uneröffnetem Glase thunlich war.

Nach Beendigung dieser Arbeiten verliess ich England, da keine Hoffnung blieb, in anderen Städten nennenswerthes Material aus Gebieten zu finden, die selbst im British Museum nur durch Unica vertreten waren, und zwar wendete ich mich nach der alterthümlichen Universitätsstadt Leyden, wo die Hoffnung, weiteres Material zu finden, noch am günstigsten schien.

Diese Hoffnung hat sich nicht erfüllt, indem die Armuth der Leydener Sammlung in diesem Gebiet sich als unerwartet gross erwies. Wenige Stunden genügten, um die Liste der vorhandenen elektrischen Fische aufzunehmen und zu constatiren, dass, selbst wenn die Erlaubniss zum Praepariren derselben gegeben worden wäre, was schon wegen Abwesenheit der Beamten nicht erreichbar war, auch nicht eine wesentliche Lücke der Tabelle ausgefüllt werden konnte.

Es bestätigt sich nur wieder die Thatsache, dass die elektrischen Fische trotz manchen bahnbrechenden Untersuchungen von der Mehrzahl der Forscher sehr stiefmütterlich behandelt werden.

Es blieb nun noch eine schwache Aussicht, vielleicht zu weiterem Material zu gelangen, nämlich den Versuch zu machen, ob vielleicht Naturalienhändler der Hauptstadt solches verkäuflich hätten.

Ich verliess daher Leyden noch am Abend des nämlichen Tages, wo ich angelangt war, wieder und wendete mich nach Amsterdam. Gegen meine Erwartung erwies sich auch diese Hoffnung als eitel, da sich dort das Interesse augenblicklich völlig auf lebende Thiere und Pflanzen zu con-

centriren scheint. Ich konnte keinen Naturalienhändler in Amsterdam ausfindig machen, und somit konnte es nichts nützen, einen kostspieligen Aufenthalt unnöthig zu verlängern. Am 17. Vormittags traf ich wieder in Berlin ein.

Aus diesem letzten Theil der Reise ergiebt sich als wichtigstes Resultat die Ueberzeugung, dass es äusserst wünschenswerth ist, Reisende der Akademie sowie anderweitige, gebildete Personen im Auslande direct für Beschaffung des in den Sammlungen so auffallend seltenen Materials zu interessiren. Der Besuch anderweitiger Städte Europa's zum Zweck der Vergleichung conservirten Materials dürfte sich, Hamburg vielleicht ausgenommen, kaum lohnen.

Bericht über die Fortsetzung der Untersuchungen an elektrischen Fischen.

Beiträge zur Embryologie von Torpedo.

Von

Gustav Fritsch.

(Hierzu Taf. I.)

Die Untersuchung der Torpedo-Embryonen ergab bisher folgende Resultate:

1) Die Entwickelung der elektrischen Organe bestätigt durchaus ihre phylogenetische Herleitung aus umgewandelten Muskeln in der von Hrn. Babuchin angedeuteten Weise.

2) Es ergiebt sich, dass es sich bei dieser Umwandlung um die äussere Gruppe der besonderen Kiemen- und Kiefermuskeln handelt, welche vorwiegend ventral entwickelt sind, während die tiefer gelegenen dorsal entspringenden Kiemenmuskeln mit dem Homologon des Digastricus am Kiefer der Muskelfunction ganz erhalten bleiben.

Abgesehen von den Muskeln, welche den Kiemenkorb als Ganzes bewegen, schafft bei Torpedo die völlige Einrahmung desselben durch die sich aneinander legenden Kopf- und Flossenknorpel den übrig bleibenden Muskeln so viel günstigere Stützpunkte, dass sie einer erhöhten Anforderung an ihre Leistung wohl genügen können. Die geschwächten Beissmuskeln entsprechen der Schwäche des Kieferapparates überhaupt; da der Fisch durch die furchtbare Waffe des elektrischen Schlages die Kiefer als Waffe weniger benöthigt, bewältigt und verschlingt er trotz dieser Schwäche andere Fische von unglaublich scheinender Grösse.

---

[1] Aus dem *Sitzungsbericht der kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften* vom 15. Februar (ausgegeben am 22. Februar) 1883. Bd. I. S. 205—209.

3) Die Musculatur von fünf Visceralbögen hat das Material für die elektrischen Organe zu liefern, wobei der Kiefer-Zungenbeinbogen als der erste zählt, während der letzte Kiemenbogen an der Bildung unbetheiligt ist. Da die zu den Bögen gehörigen Nerven stets in den Bogenzwischenräumen verlaufen und es selbstverständlich zwischen diesen fünf Bögen nur vier Zwischenräume giebt, zeigt der Embryo (wie der erwachsene Fisch) nur vier elektrische Nerven.

4) Der Process der Umbildung embryonaler Muskelanlagen in elektrische Säulen erscheint makroskopisch als ein Schwellungsvorgang an den äusseren, unteren Winkeln der Bögen, mikroskopisch als ein Quellungsprocess der Muskelscheiden bei starker Kernvermehrung (Nucleation, Virchow) der embryonalen Muskelelemente.

5) Sobald die wuchernden Theile der Visceralbögen an den Berührungsstellen mit einander verschmelzen, leitet sich die Anlage der elektrischen Säulen ein, welche von der Peripherie her in der Weise entstehen, dass die aus indifferenten embryonalen Zellen sich herausbildenden Muskelfasern zu allmählich sich vergrössernden Gruppen oder Primitivbündeln verkleben, welche durch die peripherisch neu hinzukommenden Gruppen mehr und mehr medianwärts gedrängt werden.

Diese elektrischen Säulenanlagen sind embryonalen Muskelprimitivbündeln durchaus ähnlich, sie gruppiren sich um die elektrischen Nerven und stellen für einen ganz kurzen Zeitraum (im Uebergang zum Stadium rajiforme) demnach vier gesonderte Provinzen dar. Der beste Beweis, wie ähnlich die Säulen alsdann noch embryonalen Muskeln sind, ergiebt sich daraus, dass de Sanctis eine fünfte Provinz solcher Säulen mit einem fünften elektrischen Nerven darstellt, während diese angeblichen elektrischen Säulen Muskelbündel sind und bleiben.

Die Säulen sind in dieser Zeit längsfaserig mit länglichen Kernen ohne eine Spur von Plattenbildung; der Faserinhalt zeigt schwache Querstreifung ähnlich wie in den gleichzeitigen Muskelelementen.

6) Unter rapider Vermehrung der Säulenzahl geht der Embryo in das Stadium torpediniforme über. Sobald dies erreicht ist, zeigen die Organe nicht nur die normale Säulenzahl, sondern auch die wesentlichen Eigenthümlichkeiten, welche das Mosaïk der entwickelten Organe erkennen lässt, nämlich: verhältnissmässig grosse Säulen der Scheibe und des inneren Randes, kleine und unvollkommen entwickelte an der Peripherie, welche letzteren der umhüllenden Schicht eng anhaften. Da sich der Differenzirungsprocess von hier aus entwickelt, so sind diese unvollkommenen Säulen, welche beim Erwachsenen so leicht Unsicherheit in die Zählungen tragen, als ein Zeichen der definitiven Erschöpfung des Säulenbildungsmaterials aufzufassen. Wenn sie sich bei besserer Ausbildung der Organfascie später

auch etwas mehr abrunden, lässt sich die Abplattung derselben gegen die Peripherie selbst am entwickelten Fisch nachweisen.

7) Als weiterer Rest embryonaler Bildung, welche sich noch im ausgewachsenen Thier nachweisen lässt, ist die eigenthümliche, reihenweise Anordnung der Säulen im Organ zu bezeichnen. Es markirt sich, besonders nach dem inneren Rande zu, eine radiäre, ungefähr auf die Medulla spinalis unterhalb des Lobus electricus gerichtete Reihenstellung der Säulen; diese rührt her von den Begrenzungen der embryonalen Provinzen des Organs, sowie von dem Verlauf der ausstrahlenden elektrischen Hauptnervenstämme; ausserdem aber eine reihenweise Anordnung parallel dem Organumfang der äusseren Peripherie: diese bezeichnet die gleichzeitige Loslösung hier gebildeter Säulen von der Matrix.

8) Die selbständige Bedeutung der Quellungsprocesse für die Organbildung macht sich in diesem Stadium auf höchst eigenthümliche Weise bemerklich, indem die durch bindegewebige Scheiden gebildeten, prismatischen Fächer für die Säulen bereits angelegt werden, lange bevor die Säulen im Stande sind, diese Fächer auszufüllen.

Der Organlängsschnitt (Querschnitt der Säulen) zeigt also die rundlichen Säulen in weitem Abstande von polygonalen Höfen umzogen, den Zwischenraum, abgesehen von Nerven und Gefässen, mit unreifem, sehr gequollenem Bindegewebe erfüllt. Diese Beobachtung ist bei dem gewöhnlich erst spätem Erscheinen festerer Scheiden meiner Ueberzeugung nach nur so zu deuten, dass der dem *Perimysium externum* der embryonalen Säulen eigene Quellungsvorgang an der weiteren Säulenperipherie die Bindegewebselemente zu anfangs unvollständigen Scheiden zusammendrängt, indem jedem Säulenindividuum dadurch gleichsam der später erforderliche Raum gesichert wird (vergl. Taf. I.).

Die definitive prismatische Gestaltung der Säulen, resp. der elektrischen Platten entsteht also nicht durch das Aneinanderdrängen der wachsenden Platten, sondern durch das Aneinanderdrängen der gequollenen Perimysien.

Die anfänglich noch gleichwerthig erscheinende Provinz des letzten Kiemenbogens ist jetzt bereits von dem verbreiterten Organ vollständig überflügelt und erscheint als ein schmales, etwa dreieckiges Muskelfeld am hinteren, inneren Winkel des Organs (x der Taf. I.).

9) Zu dieser Zeit ist die Plattenbildung bereits in vollem Gange, da sie im vollendeten Stadium rajiforme sofort ihren Anfang nimmt. Charakteristisch ist für die Einleitung des Processes die Häufigkeit der Kerntheilungsfiguren, wobei die ursprünglich längliche Figur des Kernes an den Tochterkernen in eine regelmässige runde übergeht. Die gebildeten Kerngruppen ordnen sich reihenweise neben einander in querer Richtung zur

Säulenaxe an, während der zugehörige Zellkörper unter Vermehrung des Protoplasma's ihnen in gleicher Richtung folgt und dicke, kuchenförmige Körper (Babuchin's „Plattenbildner") darstellt, als die erste Anlage der elektrischen Platten.

Birnförmige „Plattenbildner", wie sie nach Hrn. Babuchin's Abbildung des Säulenlängsschnittes die embryonalen Zellen hier und da auseinander drängen, kann ich an meinen Praeparaten nicht finden, doch glaube ich gern, dass durch Maceration isolirte Elemente solche Gestalt annehmen können. Auch habe ich mich nicht davon überzeugen können, dass der Process der Kernvermehrung nur vom Bauchende der embryonalen Faser seinen Ursprung nimmt. Die je nach dem Alter der Säule längeren oder kürzeren Querreihen der proliferirenden Kerne sind so dicht gestellt, dass das zu ihnen gehörige Protoplasma nur an dünnsten Schnitten überhaupt zu umgrenzen ist, zumal zwischen den runden Kernen der entstehenden Platten sich noch Babuchin's „innere Belegzellen" einschieben. Demnach erscheint mir der Vorgang der Kernvermehrung als das wesentliche Moment der Plattenbildung, die Wucherung des Protoplasma's nur ein untergeordnetes, was auch der weitere Verlauf bestätigt, nämlich Zurückbildung des Protoplasma's der Platte bei Erhaltung der Kerne, welche an den ausgebildeten Platten von einem fast leer erscheinenden Hof umgeben sind.

10) Mit der Kernvermehrung geht bei steigender Regelmässigkeit der Plattenanordnung ein Untergang der musculären Längsfaserung einher, von welcher nur die früher von mir beschriebenen, von der „Couche dorsale" (Ranvier) ausgehenden, bindegewebigen Verbindungen zwischen den Platten übrig bleiben. Je weiter die Nucleation vorschreitet, um so stärker wird der Säulendurchmesser; ob dabei auch Verschmelzungen benachbarter Kerngruppen, resp. der umhüllenden Protoplasmamassen vorkommen, ist schwer festzustellen, doch erscheint sie mir unwahrscheinlich. Während im ersten Stadium der Säulenbildung die Kerne der embryonalen Muskelfasern im Allgemeinen länglich, die der bindegewebigen Zwischensubstanz rundlich sind, hat sich jetzt das Verhältniss umgekehrt, indem die Plattenkerne rundlich, die Scheidenkerne länglich, platt oder unregelmässig geworden sind.

Die weiteren Veränderungen der zum nervösen Glied gehörigen „inneren Belegzellen", sowie der „äusseren Belegzellen" der Säulen, welche ebenfalls hauptsächlich zu den Nerven und Gefässen in Beziehung treten, hat Hr. Babuchin mit ebenso grosser Sorgfalt als Geschicklichkeit verfolgt, und habe ich zur Zeit dazu Nichts hinzuzufügen, sondern bestätige sie vollkommen.

11) Ausser diesen histologischen Elementen der Organe selbst ist noch die Entwickelung der elektrischen Nerven zu berücksichtigen. Auch in

diesem Kapitel schliesse ich mich Hrn. Babuchin vollständig an; besonders hervorheben möchte ich aber dabei, dass es leider vollkommen richtig ist, wenn der genannte Autor klagt, wie schwierig oder unmöglich es sich erweist, die sehr früh in dichten Bündeln auftretenden Nervenfibrillen ihrer Entstehung nach auf Zellen zurückzuführen, so plausibel solche Herleitung auch erscheint. Hierin müssen wir aber weiteren Aufschluss von der Zukunft erhoffen.

Es ergiebt sich aus der Summe der vorstehend verzeichneten Beobachtungen, dass die ganze Entwickelung der elektrischen Organe in allen ihren einzelnen Phasen unverträglich ist mit der Annahme, es fände sich am ausgebildeten Thier noch eine Vermehrung der Säulen. Die Betrachtung lehrt gleichzeitig, welche Anforderungen man hinsichtlich des Nachweises im extrauterinen Leben entstehender Säulen histologisch zu stellen hätte.

An dieser Stelle sei mir vergönnt auf die grosse Zuvorkommenheit hinzuweisen, mit welcher mich sowohl die zoologische Station zu Neapel als auch die österreichische zu Triest, und endlich die französische zu Villafranca mit reichlichem Material versorgt haben. Den Leitern dieser Stationen, den HH. Prof. Dohrn, Prof. Claus und Dr. Barrois, spreche ich hierdurch meinen herzlichsten Dank aus, zumal demjenigen der französischen Station, der mich in liebenswürdigster Weise unterstützte, obwohl die Umstände mich leider verhinderten, mit ihm persönlich in Verbindung zu treten.

Zeichenerklärung zu Taf. I.

Horizontalschnitt durch das rechte elektrische Organ von Torpedo ocellata.

O. = elektrisches Organ.
Br. = Kiemen.
I, II, III, IV. = die durchschnittenen elektrischen Nerven.
1—6 = die durchschnittenen Visceralbögen.
a—f = die tieferen Kiemenmuskeln.
x = äusseres Muskelfeld des letzten Bogens.

Darf die Grosshirnrinde der hinteren Partie als Ursprungsstätte eines epileptischen Anfalls betrachtet werden?

Experimentelle Untersuchung

von

Dr. S. Danillo
aus St. Petersburg.

Seit den bekannten Untersuchungen von Hitzig und Fritsch über die elektrische Erregbarkeit der Grosshirnrinde haben sich allmählich die heutigen Ansichten über die Localisation in derselben entwickelt. Spätere Untersuchungen bewiesen, dass ausser den motorischen Functionen die Hirnrinde gewisser Partien eine engere Beziehung zu speciellen Sinneswahrnehmungen hat, deren corticale Centra in gewissen Bezirken der Grosshirnrinde projicirt sind.

Es schien also, dass die Localisation der verschiedenen Functionen in entsprechenden Gebieten der Grosshirnrinde gewissermaassen als eine auf festen Grundlagen ruhende Thatsache betrachtet werden konnte. Besonders überzeugend für die specielle Beziehung der hinteren Partie zu den Sinneswahrnehmungen sind die Untersuchungen über die Seh- und Hörsphären bei Säugethieren und Vögeln (Munk, 1).

In der letzten Zeit erschien aber eine Arbeit von Unverricht (2), in der der Verfasser mit grosser Bestimmtheit behaupten zu können glaubt, dass ein epileptischer Anfall durch die elektrische Reizung der Sehsphäre erzeugt werden kann, und dass dieselbe als Ursprungsstätte eines solchen Anfalles angesehen werden muss (a. a. O. S. 233).

Diese Meinung berührt eine Frage von so wichtigem Interesse, dass wir mit Vergnügen den Vorschlag des Hrn. Prof. H. Munk annahmen, die Beziehung des hinteren Gehirnlappens zur elektrischen Reizung einer experimentellen Prüfung zu unterziehen.

Die Frage, die uns hier zur Entscheidung vorliegt, ist, kurz gefasst, diese: Unter welchen Umständen kann die elektrische Reizung der hinteren Hirnrindenpartie einen allgemeinen Krampfanfall erzeugen? Hängen diese Reizeffecte von directer Erregung dieser Partie oder von anderen Umständen ab, die erst noch eruirt werden müssten? Die Stellung der Frage ist in dieser Form nothwendig, weil man ausser der oben angeführten Arbeit von Unverricht noch eine Angabe von Eckhard aus dem Jahre 1872 findet, die im schroffen Gegensatz zu Unverricht's Meinung steht. Nach Eckhard's Meinung gelingt es niemals, durch elektrische Reizung einen epileptischen Krampf von der hinteren Hirnoberfläche aus hervorzurufen (Kussmaul, *Störungen der Sprache*. 1881. II. Auflage. S. 121).

Openchowski (3) endlich hat manchmal epileptoïde Anfälle bei Hunden in Folge der Erfrierung der hinteren Hirnregion bis zur Bretthärte beobachtet. Er meint, dass ein epileptiformer Krampfanfall durch die Reizung der verschiedensten Partien der Grosshirnrinde hervorgerufen werden könne. Zuletzt kommt jedoch der Verfasser, welcher seine Schlüsse mit aller Vorsicht zieht, zu dem Ergebniss, dass für die Localisationsfrage die Methode der Erfrierung nicht zu empfehlen sei.

Die Gründe nun, welche Unverricht zu dem oben angeführten Schlusse führen, sind folgende. In seinen Versuchsprotocollen findet man über die Reizungseffecte der hinteren Region folgende Angaben: Im Versuche 1 war auf diese Reizung ein Aufreissen beider Augen gefolgt (a. a. O. S. 236). Da aber sofort darauf das Orbiculariscentrum gereizt war, so kann man vermuthen, dass die Wirkungen des früheren Reizes mit denen des nachfolgenden summirt seien. Die Ergebnisse dieses Versuches sind für die uns beschäftigende Frage unverwerthbar. Das Gleiche gilt von einem anderen Versuche an demselben Thiere, wobei die inneren Partien der hinteren Region gereizt wurden. Hier sind weder Reizdauer, noch Stromstärke angegeben, Umstände, die, wie wir später zeigen werden, von der grössten Wichtigkeit sind. Aehnliches gilt ferner auch vom zweiten Versuche (a. a. O. S. 239). Hervorzuheben ist nur hier, dass die Reizung an mehreren Stellen von keinem sichtbaren Effect gefolgt war; erst später brach ein Anfall aus, der als ein spontaner angesehen werden darf, da an demselben Thiere schon früher ein solcher Krampfanfall beobachtet war. Im Versuche 8 (a. a. O. S. 247) wurde die Reizung des mittleren Wulstes nach Freilegung der rechten Hälfte einen Tag später, als die der linken, vorgenommen. Dieser Umstand ist auch von Wichtigkeit, da bekanntlich entzündliche Vorgänge im ersten Stadium die Erregbarkeit der Grosshirnrinde erhöhen. Dass sie sich unter diesen Umständen entwickelten und dann auf die andere, frisch blossgelegte Seite übergreifen konnten und mussten, ist selbstverständlich, da die Gefässe der Dura und der Pia beider Gehirnhälften

anastomosiren. Dass ein solches Uebergreifen stattgefunden hat, ersieht man auch aus der Schilderung des Verfassers (a. a. O. S. 248). Reizeffecte können in diesem Falle nicht als reine angesehen werden. Von Versuchen 9, 14 und 15 gilt dasselbe, was wir früher vom 1. und 2. Versuche gesagt haben. Hervorzuheben ist nur im 15. Versuche, dass längere Reizung der hinteren Partien keinen Krampf erzielen liess. Die Schlüsse des Verfassers sind durch seine Versuchsprotocolle also nicht völlig bestätigt.

Um nun eingehender die Frage der Ergebnisse nach elektrischer Reizung der hinteren Hirnrindenpartie zu behandeln, haben wir im physiologischen Laboratorium von Prof. Munk eine Reihe von Versuchen angestellt. Zu den Versuchen wurden ausschliesslich Hunde, 4·5 bis 7 ^{kgr} schwer, gebraucht. Die Trepanation und Blosslegung der Oberfläche einer ganzen Hirnhälfte wurde unter schwacher Aethernarkose vorgenommen, vorher aber wurde eine subcutane Einspritzung von Morphiumlösung von 1 bis 3 ^{cgr} pro Kilo des Gewichts gemacht. Wie bekannt, ist bei solcher Morphiumnarkose die Erregbarkeit der Grosshirnrinde nicht herabgesetzt, sondern etwas erhöht.

Die elektrische Reizung wurde in allen Fällen nicht früher als 25 bis 30 Minuten nach der Beendigung aller vorbereitenden Operationen vorgenommen, also erst dann, wenn die Aethernarkose vollständig gewichen war. Zur Reizung gebrauchten wir Platinknopfelektroden mit einem Schlitteninductorium von du Bois-Reymond, von einem Daniell getrieben.[1]

Der Beginn und das Aufhören der Reizung geschah durch einen Schlüssel von du Bois-Reymond. Nach der Anlegung von Elektroden in verticaler Richtung wurde der Schlüssel geschlossen und von diesem Moment die Reizdauer in Secunden bestimmt. Der Kürze wegen werden wir in der weiteren Beschreibung die Stärke der Ströme — den Rollenabstand in Centimetern und ihren Bruchtheilen durch RA mit betreffenden Ziffern (1, 2 ...), die Reizdauer durch RD bezeichnen.

Wie bekannt, ruft die Tetanisation eines gewissen sogenannten motorischen Feldes durch kurze und schwache Ströme eine entsprechende Bewegung hervor. Vor Allem war also die Aufmerksamkeit darauf zu richten, ob sich dieselben Effecte bei denselben Reizen von der hinteren Partie der Rinde aus hervorbringen lassen. Es erwies sich, dass, während man vorn einen sehr deutlichen Krampfanfall bei einem gewissen Reizwerthe erzielt, derselbe

[1] Da es sich in der vorliegenden Untersuchung nur um summarische Wirkungen der Ströme handelte, so nahmen wir Abstand, uns der unpolarisirbaren Elektroden zu bedienen, wie sie von uns für eine frühere Arbeit (*Archives de physiologie*, 1882) mit einigen Modificationen nach Heidenhain und Bubnoff eingerichtet waren.

subminimal für verschiedene Punkte der hinteren Lappen (Sehsphäre in ihrem ganzen Umfange, Hörsphäre und andere Stellen) bleibt.

Versuch I. Hund von 7 kgr Gewicht ungefähr, 6 cgr Morphium. Trepanation links. Tetanisation des Vorderbeincentrums.

RA = 8, RD = 5. Schon nach 2 bis 3 Secunden ergiebt sich eine tonische Zuckung mit Hervorstreckung in der entgegengesetzten Pfote, dann gehen die Zuckungen auf das Hinterbein über, und laufen endlich in einen halbseitigen Klonus aus, der die Reizung mehrere Secunden überdauert. Jetzt werden die Elektroden auf die Sehsphäre gestellt. Keine motorischen Aeusserungen bei demselben Reizwerthe.

10 Minuten später wird derselbe Versuch mit demselben Erfolge wiederholt. Nach 10 Minuten wieder Reizung (RA = 5, RD = 5): keine motorischen Aeusserungen. Nach 10 Minuten dasselbe bei RA = 3, RD = 5. Nach 10 Minuten bei RA = 1, RD = 5: leises Winseln, tiefere Athmungsbewegungen, die jedoch allmählich verschwinden. Nach 18 Minuten bei RA = 0, RD = 5 dasselbe. Die Reizung aber einer beliebigen Stelle der vorderen Partie bei RA = 0, RD = 1—2 ruft einen heftigen doppelseitigen Krampfanfall hervor, dessen einzelne Phasen schwer zu verfolgen sind, und der die Reizung einige Minuten überdauert. Es erwies sich also, dass man durch kurze Reizung mit Inductionsströmen, sogar von hochgradiger Intensität, keinen Krampfanfall von der hinteren Hirnrindenpartie aus bekommen kann.

Um nachsehen zu können, wie sich die Erregbarkeit der betreffenden Partien bei entzündlichen Vorgängen verhalten würde, wurde demselben Hunde am folgenden Morgen die rechte Hirnhälfte blossgelegt. Die Dura wie die Pia zeigten die bekannten Erscheinungen des ersten Stadiums der Entzündung (Röthe, Trübung u. s. w.). Nach vollständigem Aufhören der Narkose (Aether ohne Morphium) wurde der gestrige Versuch wiederholt, mit den oben angeführten Resultaten. Es wurden noch einige Versuche in derselben Richtung angestellt, mit denselben Resultaten; sie hier zu wiederholen, wäre überflüssig. Es erwies sich nämlich, dass trotz der entzündlichen Vorgänge kurze Reizungen doch subminimal für die hintere Partie bleiben.

Da es schon früher von Prof. Munk angegeben war, dass die Erzeugung eines Krampfanfalles durch Reizung ausserhalb der motorischen Zone stattfinden kann, aber nur bei hinreichender Verstärkung des Stromes, und der Effect auf Stromschleifen beruhen kann (s. bei Wernicke, a. a. O. S. 230), so griffen wir zu höheren Reizwerthen, um einen solchen Anfall von der hinteren Partie aus hervorrufen zu können.

Da diese Versuche uns die wichtigsten Resultate lieferten, so werden wir sie etwas genauer darstellen.

Versuch II. Hund von 5 kgr Gewicht ungefähr, 4 cgr Morphium. Blosslegung der rechten Hirnhälfte. Nach 30 Minuten Pause bekommt man von der Sehsphäre keinen Anfall bei RA = 9, RD = 30.

Nach 15 Minuten dasselbe bei RA = 6, RD = 30. Nach 15 Minuten bei RA = 4, RD = 30 keine Bewegungen in den Gliedern, sowie in den Muskeln des Kopfes. Dasselbe auch bei RA = 1, RD = 30.

Von der vorderen Partie dagegen bekommt man bei diesem Reizwerthe dieselben Ergebnisse, wie im Versuche I.

Versuch III. Hund von 6·5 kgr Gewicht ungefähr, 7 cgr Morphium. Blosslegung der linken Gehirnhälfte. Reizung der hinteren Partie (Sehsphäre; Stelle A. Wernicke, a. a. O. S. 210, Fig. 70), bei RA = 7, RD = 60 hat keinen Erfolg. Dasselbe wurde noch viermal mit demselben Erfolge in Zeitabständen von 10 zu 10 Minuten wiederholt. Bei höherem Reizwerthe (RA = 4, RD = 60) bekommt man von der Stelle A Zuckungen im entgegengesetzten Ohre, die den Reiz fast nicht überdauern. Vor diesen Zuckungen bemerkt man Winseln des Thieres und Athmungsbeschleunigung.

15 Minuten später, da das Thier ganz ruhig liegt, bekommt man bei RA = 2, RD = 60 von derselben Stelle aus einen Krampfanfall. Diesem Anfalle gehen folgende Erscheinungen voraus: Zusammenfahren des Thieres, Winseln und Zuckung im durchschnittenen M. temporalis derselben Seite. Der Krampfanfall fängt an, wie früher, mit Zuckungen im entgegengesetzten (rechten) Ohre, dann im M. orbicularis derselben Seite. Zu diesen gesellen sich klonische Zuckungen im linken Orbicularis, jedoch sehr schwach ausgeprägt; dann werden die Zunge, die Vorderpfote, die Hinterpfote rechts von Zuckungen ergriffen, dann gehen die Krämpfe auf die linke Seite über, von der hinteren Pfote anfangend, und lösen sich in einen allgemeinen Klonus auf, der die Reizung noch ungefähr 2 Minuten überdauert. 15 Minuten später wurde dieser Versuch mit demselben Resultate wiederholt. Es ist noch hervorzuheben, dass man bei schwächerem Reizwerthe (RA = 3, RD = 60) nur klonische Zuckungen im entgegengesetzten Ohre und Auge zu sehen bekommt.

Die oben angeführten Versuchsprotocolle bestätigen also die Meinung von Munk und zeigen, dass man, um einen Krampfanfall von der hinteren Hirnrindenpartie aus erzeugen zu können, zu solchen Reizmitteln greifen muss, bei welchen von einer engbegrenzten Wirkung der Ströme keine Rede sein kann.

Dass es sich hier um Reizung durch Stromschleifen handelt, ersieht man schon daraus, dass dem Anfalle Symptome der Reizung der Dura und der benachbarten Muskeln vorangehen, zu welchen erst später sich Zuckungen in verschiedenen Muskelgruppen des Kopfes und der Extremitäten gesellen.

Beobachtet man nun genauer, wie die verschiedenen Muskelgebiete vom Krampfe ergriffen werden, so sieht man, dass er in derselben Reihenfolge eintritt, wie sie von hinten nach vorn in der Grosshirnrinde projicirt sind. Ferner glauben wir uns zu dem Schlusse berechtigt, dass dem RD nicht, wie es Unverricht will (a. a. O. S. 233), eine grössere Rolle, als der Stromstärke, zugeschrieben werden kann. Nehmen wir die Zahl der Unterbrechungen während einer gewissen Zeitdauer als constant an, so zeigen unsere oben angeführten Versuche, dass von den beiden Componenten des Reizwerthes (RD und RA), wenn der eine (RD) sich subminimal für die hintere Partie erwies, er doch vollständig wirksam für die vordere war. Die Reizeffecte hängen also nicht nur vom RD ab, sondern auch von dem Orte, wo derselbe angewandt wird.

Da die Reizung in dem Rindengebiete geschah, das mit dem unteren Längsbündel im Zusammenhange ist, und ausserdem die Symptome der Reizung der Dura und benachbarten Muskeln zeigten, dass die Stromschleifen sich in allen Richtungen fortpflanzen, so musste nun die Frage gelöst werden, auf welchem Wege diese Wirkung der Stromschleifen gehemmt werden könne. Um den Weg zum unteren Längsbündel auszuschalten, wurde folgender Versuch angestellt.

Versuch IV. Hund von ungefähr 7·5 ^{kgr} Gewicht, 6 ^{cgr} Morphium. Abtragung beider Schädelhälften mit Zurücklassung einer knöchernen Brücke über dem Sinus longitudinalis.

Von der Stelle A der Sehsphäre rechts bekommt man bei RA = 4, RD = 75 einen bekannten Anfall, der doppelseitig verläuft. 15 Minuten später bekommt man bei demselben Reizwerthe wieder einen Anfall. Während nun bei demselben die Zuckungen im linken Ohre beobachtet werden, wird ein tiefer Schnitt horizontal von hinten nach vorn durch die Mitte des Hinterhauptslappens geführt. Der Anfall wird dadurch weder verändert noch gehemmt. Er dauert fort und hört ca. 3 Minuten nach den ersten Zuckungen im entgegengesetzten Ohre auf.

15 Minuten später wird mit demselben Reizwerthe von derselben Stelle der Oberfläche mit demselben Erfolge ein Anfall, wie der frühere, hervorgerufen. Eine halbe Stunde später wird derselbe Versuch (Reizung, Schnittführung und abermalige Reizung) links mit demselben Resultat wiederholt.

Nach der Erhärtung des Gehirns in Alkohol sieht man, dass der Schnitt rechts etwas tiefer geführt ist, als links. Rechts erstreckt er sich 1·5 ^{cm} von hinten nach vorn, dicht unter der Sehsphäre anfangend, in einer Tiefe von ungefähr 2·5 ^{cm}. Links ist er bei derselben Breite der Schnittfläche nur 1 ^{cm} tief. In dieser Breite ist die unten liegende weisse Substanz völlig von den oberen Schichten abgetrennt.

Dieser Versuch lehrte uns also, dass die Uebertragung des Reizes durch tiefer liegende Faserschichten nicht vermittelt wird, denn nach der Ausführung des Schnittes konnte man doch wieder einen Krampfanfall erzeugen.

Da also die Reizung hauptsächlich durch die Hirnoberfläche sich fortpflanzen muss, so wurde, um einen directen Nachweis davon zu bekommen, folgender Versuch gemacht, um die hintere Partie von der vorderen abzutrennen.

Versuch V. Hund von ungefähr 5 ^{kgr} Gewicht, 5 ^{cgr} Morphium. Blosslegung beider Halbkugeln.

Bei RA = 3, RD = 30 bekommt man von dem mittleren Theile der hinteren Partie rechts nur Winseln und Zusammenfahren des Thieres.

Bei RA = 2, RD = 60 bekommt man Bewegungen in der Musculatur der entsprechenden Hälfte des Kopfes und klonische Zuckungen im entgegengesetzten Ohre. 15 Minuten später bei RA = 1·5, RD = 75 tonische und dann klonische Zuckungen im Ohre, Auge der entgegengesetzten Seite, dann im Kiefer, in der Zunge, Vorder- und Hinterpfote, dann dasselbe in aufsteigender Richtung auf der anderen Seite des Körpers. Die Krämpfe überdauern den Reiz ungefähr zwei Minuten.

10 Minuten später wird mit RA = 1, RD = 90 wieder ein Anfall hervorgerufen. Während desselben wird, als die Zuckungen sich im linken Vorderbeine zeigen, vertical zu der Fissura longitudinalis dicht vor der Sehsphäre ein Schnitt auf eine 1·5 ^{cm} lange und 5·6 ^{mm} tiefe Strecke geführt. Der Krampfanfall dauert jedoch fort, wie vor der Ausführung des Schnittes.

Die Wunde der Hirnrindenoberfläche wird mit Feuerschwamm bedeckt, und der Hund in Ruhe gelassen bis zum Aufhören der Blutung, was 20 Minuten später geschieht.

Jetzt wird die Hirnoberfläche von Blutgerinnseln gereinigt, der Feuerschwamm abgenommen und abermals dieselbe Stelle, wie vor dem Schnitte, bei demselben Reizwerthe wie früher, gereizt. Man bekommt nur sehr lautes Winseln und Heulen des Hundes und Zusammenfahren, aber keine anderen motorischen Vorgänge.

Fünf Minuten später bei RA = 0, RD = 120 dasselbe. Diese Reizung wurde noch einige Male mit demselben Erfolge wiederholt.[1]

Zwei Stunden später wird der obige Versuch mit Reizung, Schnittführung und abermaliger Reizung derselben Stelle auf der linken Seite ausgeführt. Ausser diesem Versuche wurden noch einige solche angestellt, die alle zeigten, dass ein querverlaufender seichter Schnitt von 4 bis 4·5 ^{mm} Tiefe durch die Hirnrinde der hinteren Partie einen bestehenden Krampf-

[1] Dieser Versuch wurde zusammen mit Prof. Munk ausgeführt.

anfall nicht aufhalten kann, nach der Anlegung eines solchen Schnittes aber sogar maximale Reizwerthe vollständig wirkungslos bleiben, um einen Krampfanfall durch die Reizung der hinter einem solchen Schnitte befindlichen Rindenpartie hervorrufen zu können. Die Einwirkung solcher Reize documentirt sich nur durch Reizerscheinungen der Dura und Zuckungen benachbarter Kopfmuskeln.

Bei solchen Gehirnen, die in Alkohol gehärtet sind, sieht man, dass nach einem Schnitte von 4 bis 6 ^{mm} Tiefe und 1·5 und sogar 1 ^{cm} Breite die Reizung der hinteren Partie erfolglos blieb, dass also schon durch sehr seichte Schnitte das Entstehen der Krämpfe gehemmt wird. Was den Mechanismus der Hemmung betrifft, so glauben wir, ihn auf folgende Weise erklären zu können.

Die Stromschleifen, die vor dem Schnitte ungehindert weitergreifen und also eine entsprechende Modification der Elemente der vorderen Partie hervorrufen können, sind nach Anlegung eines solchen Schnittes, der von einer Blutung in die Wunde begleitet ist, anstatt weitergreifen zu können, durch das Blut als guten Leiter von der vorderen Partie abgeblendet. Zu diesem Umstande gesellt sich selbstverständlicher Weise auch das rein mechanische Moment der Abtrennung von Associationsfasern, die, wie es Exner (5) nachgewiesen hat, in verschiedensten Richtungen die graue Substanz der Grosshirnrinde durchflechten. Diese beiden Ursachen, also Blutung und Durchtrennung der Bahnen, erklären genügend die Erscheinung, dass nach solchem Schnitte die Krämpfe bei Reizung ausbleiben. Dass der Schnitt den bestehenden Krampfanfall nicht aufhalten kann, erklärt sich durch den Umstand, dass vor dem Schnitte schon eine entsprechende Modification der vorderen Partie durch die Stromschleifen und die Associationsfasern erfolgt war.

Solche Modification, die sich durch einen Krampfanfall documentirt, kann auch durch den folgenden Versuch bewiesen werden.

Wie bekannt, hebt die Exstirpation des gereizten motorischen Rindenbezirkes nach Entstehen des Krampfanfalles denselben auf (Munk bei Wernicke a. a. O. S. 241). Durch diesen Eingriff wird also die Fortpflanzung des Reizes gehemmt und ausserdem die Ursprungsstätte der Reizung entfernt. Diese Thatsache spricht also für die selbständige Erregbarkeit gewisser Stellen der Grosshirnrinde der vorderen Partie. Macht man aber denselben Versuch an einer beliebigen Stelle der hinteren Partie, so dauert doch der Krampfanfall, wie früher, fort. Als Beispiel geben wir hier einen solchen Versuch:

Versuch VI. Hund von ungefähr 5 ^{kgr} Gewicht, 3 ^{cgr} Morphium. Blosslegung beider Gehirnhälften.

Von der Sehsphäre (Stelle A) erzeugt man einen Krampfanfall mit RA = 5, RD = 120, der während drei Minuten alle seine Phasen doppelseitig durchmacht. Eine halbe Stunde später wird von derselben Stelle (rechts) wieder ein Anfall hervorgerufen, mit demselben Reizwerthe. Während der Periode der klonischen Zuckungen im entgegengesetzten Ohre wird durch einen von vorn nach hinten mit einem krummen Messer geführten Schnitt eine möglichst grosse Partie der Sehsphäre abgetragen. Die Krämpfe greifen jedoch weiter auf Orbicularis, Kiefer, Zunge u. s. w. Der ganze Krampfanfall unterscheidet sich gar nicht von dem früheren.

Eine halbe Stunde später wird derselbe Versuch auf der anderen Seite mit denselben Resultaten wiederholt.

Die abgetragenen Rindenpartien haben ca. $1 \cdot 5^{cm}$ im Durchmesser und sind in ihrer Mitte ca. 5 bis 6^{mm} dick. Die Schnitte greifen also ziemlich tief in die weisse Substanz ein. Man ersieht also, dass die Modification der Elemente der Hirnrinde nicht durch die Enfernung der gereizten Stelle verändert wird, die nur als leitende Substanz anzusehen ist, aber keineswegs als Ursprungsstätte der Muskelzuckungen, wie das mit vollem Rechte für die vordere (sogenannte motorische) Partie behauptet und nachgewiesen war.

Die Thatsache, dass Reizwerthe, die für die vordere Partie vollkommen wirksam sind, für die hintere subminimal bleiben, kann ausserdem als experimentelle Erklärung einiger klinischen und pathologisch-anatomischen Befunde der Grosshirnrinde angesehen werden. Es ist nämlich bekannt, dass manche Neoplasmen und entzündliche Vorgänge in der Rinde des Hinterhauptslappens beim Menschen während des Lebens latent bleiben, und nur die Section zeigt ausgesprochene pathologische Veränderungen, deren Anwesenheit von keinen Motilitätsstörungen begleitet war, während in anderen Fällen wieder dieselben Laesionen mit Krampfanfällen verbunden waren.

Durch die oben angeführten experimentellen Thatsachen über die Verschiedenheit der Einwirkung derselben Reizwerthe nach dem Orte, wo sie angewandt wurden, erklärt sich dieser scheinbare Widerspruch zwischen latenten und nicht latenten Laesionen der hinteren Partie der Grosshirnrinde. In den Fällen, wo der Reiz subminimal blieb, hat sich auch die Laesion durch keine Störung documentirt. In anderen Fällen wieder stieg der Reiz zu solcher Schwellungshöhe, dass dadurch eine entsprechende Modification der motorischen Zone hervorgerufen wurde, die sich auch dann durch eine Motilitätsstörung documentirte, welche experimentell und klinisch nur ausschliesslich durch Weitergreifen des Reizes und nachfolgende Summationswirkungen desselben erklärt werden kann und muss.

Für diese letzte Ansicht sprechen, wie wir glauben: das Ausbleiben

des Krampfanfalles beim Hunde nach querer oberflächlicher Abtrennung der vorderen Partie der Hirnrinde von der hinteren, bei nachfolgender elektrischer Reizung der letzteren, und das Fortdauern der Krämpfe nach der Exstirpation der hinteren Partie, wie auch nach einer horizontalen Abtrennung der oberflächlichen Schichten der Gehirnsubstanz an derselben Stelle.

Zum Schluss wollen wir uns erlauben, einige Bemerkungen über die Arbeit von Hrn. Unverricht betreffs des Typus der Krämpfe und des Einflusses von Narcoticis beizufügen.

Obgleich der Verfasser meint, dass die Krämpfe, die durch Absinthessenz hervorgerufen sind, nicht mit denen der gemeinen Epilepsie identificirt werden können (a. a. O. S. 184), so war dennoch die Form der Motilitätsstörung, die er als einen recidivirenden Krampfanfall bezeichnet, schon früher von uns (a. a. O. Fig. 6) in einer gewissen Periode der Vergiftung durch Absinthessenz graphisch als ein recidivirender Klonus dargestellt. Unter Umständen geben also verschiedene Reize dieselben Erfolge.

Was ferner den Einfluss von Chloral und Aether betrifft, so ist doch die krampfstillende Wirkung des Chlorals seit langer Zeit bekannt. Cyon und mehrere andere Forscher haben gezeigt, dass die Einwirkung des Chlorals einer Ausschaltung der Grosshirnrinde gleich ist. Strychninkrämpfe werden bekanntlich durch Chloral-Injectionen aufgehalten; endlich werden Krämpfe, die durch Absinthessenz hervorgerufen sind, auch durch Chloral-Injectionen in's Blut aufgehalten, wie wir (a. a. O. S. 588) es gezeigt haben. Diese krampfstillende und anaesthesirende Wirkung des Chlorals sollte also eigentlich den Verfasser gar nicht überraschen, wie er auf S. 214 seines Aufsatzes sagt, wenn ihm nur litterarische Angaben mehr bekannt wären. Und was die Einwirkung des Aethers betrifft, so ist auch seine krampfstillende Wirkung seit Hitzig's Untersuchungen bekannt. Später wurde dasselbe noch durch die Untersuchungen von Braun und Albertoni bestätigt, obgleich diese Forscher von diesem Standpunkte von Hrn. Unverricht dort nicht citirt worden sind, wo er über den Einfluss des Aethers auf Krämpfe spricht.

Sämmtliche Gehirnpraeparate und die wesentlichsten Versuche unserer Untersuchung wurden Hrn. Prof. Munk demonstrirt, dem wir unseren besten Dank für seine freundliche Hülfe aussprechen.

Litteratur.

1. H. Munk, *Gesammelte Abhandlungen über die Physiologie der Grosshirnrinde.* Berlin 1881. — *Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften.* 1883. S. 793—827.

2. Unverricht, Experimentelle und klinische Untersuchungen über Epilepsie. *Archiv für Psychiatrie.* 1883. Bd. XIV. S. 175—262.

3. Openchowski, Action localisée du froid à la surface corticale du cerveau. *Comptes rendus de la Société de Biologie.* 1883. p. 38—43.

4. S. Danillo, Influence de l'alcool éthylique et de l'essence d'absinthe sur les fonctions motrices du cerveau etc. *Archives de physiologie.* 1882.

5. S. Exner, Ueber den feineren Bau der Grosshirnrinde. *Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften.* 1881. Februar.

6. Wernicke, *Lehrbuch der Gehirnkrankheiten.* 1881. Bd. I.

Ueber die Contraction der Vagina bei Kaninchen.

Von

Dr. med. N. W. Jastreboff
aus St. Petersburg.
(Früher 1. Assistent an der geburtshülflichen und gynaekologischen Klinik des Hrn. Prof. Slaviansky in der medicinisch-chirurgischen Akademie.)

(Aus der speciell-physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts zu Berlin.)

Seit der Arbeit von Frommel,[1] die unter Leitung des Hrn. Professor H. Kronecker ausgeführt worden ist, hat die Untersuchung über Innervation und Contraction des Uterus mit Anwendung der graphischen Methode einen neuen Boden gewonnen.

Ich will damit die Bedeutung der ganzen Reihe von Arbeiten, welche bis dahin über diese Frage von vielen Gelehrten ausgeführt worden sind, nicht mindern, da die von ihnen constatirten Thatsachen ihren Werth behalten. Der Charakter aber und die Form der normalen Contractionen, ebenso wie ihre Veränderung unter verschiedenen Bedingungen, in welche das Thier bei der Untersuchung gebracht wird, sind nur bei der Anwendung einer solchen Methode genau zu erforschen, welche die Subjectivität des Autors ausschliesst. Wir haben also aus den Arbeiten der Frommel'schen Vorgänger treffliche Fingerzeige erhalten, konnten aber durch dieselben keine genaue und vollständige Einsicht in die ungestörten physiologischen Vorgänge im Uterus erwarten.

Bei der Frommel'schen Untersuchung war die Beobachtung des Uterus von derjenigen der Vagina nicht vollkommen getrennt, denn das

---

[1] Ueber die Bewegungen des Uterus. *Zeitschrift für Geburtshülfe und Gynaekologie.* 1882. Bd. VIII. Hft. 2. S. 205. — Auszug auch in den Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft. 9. Febr. 1883. *Dies Archiv.* 1883. S. 259.

über den Muttermundstrichter gebundene Stück vom Scheidengewölbe konnte oft sogleich, oder nachdem es etwas gedehnt war, Contractionen ausführen, welche sich zu den Impulsen des Uterus auf die Flüssigkeitssäule im Luftkapselrohre zu addiren vermochten. Daher war es sehr wünschenswerth nunmehr die Bewegungen der Vagina und diejenigen des Uterus ganz gesondert zu untersuchen.

Die Bewegungen der Vagina sind in der Litteratur über die Physiologie der weiblichen Geschlechtsorgane meist nur ganz nebenbei beachtet worden bei Untersuchung des Uterus.

Dieser Mangel ist um so auffallender, als die Mehrzahl der Untersuchungen über die Innervation und Contraction der Gebärmutter an Kaninchen gemacht worden ist, deren Uterus im Sinne der physiologischen Thätigkeit dem menschlichen nicht ähnlich ist; denn beim Kaninchen dient er eigentlich nur als Fruchtbehälter und hat nachher, bei der beginnenden Geburt nur die Aufgabe, die Frucht in die Vagina hineinzutreiben; diese letztere erst spielt beim Gebäract die thätige Rolle, d. h. sie presst die reife Frucht, vermöge ihrer Contraction, durch den Beckenring.

Nach dem Gesagten ist anzunehmen, dass die Vagina, der eine so wichtige complicirte Function zugewiesen ist, im Vergleich zu der Gebärmutter mit grösserer Kraft und jedenfalls nicht minder genauen Regulatoren ausgestattet sein muss.

Demzufolge hat vom Standpunkte der vergleichenden Anatomie und Physiologie die Kaninchen-Gebärmutter zusammen mit der Vagina diejenige Bedeutung, welche bei dem Menschen der Gebärmutter allein zukommt, hier nur unwesentlich unterstützt von der Scheide.

Deshalb habe ich den Vorschlag des Hrn. Prof. H. Kronecker, die Contractionen der Vagina an Kaninchen zu untersuchen, dankbar angenommen.

Cap. I. Historisches.

Ich erwähnte schon, dass in der Litteratur Untersuchungen über die Contraction und Innervation der Vagina fast ganz fehlen. Unter den mir zugänglichen einschlägigen Werken habe ich nur eine Arbeit über diesen Gegenstand von Dr. Ferd. Ad. Kehrer gefunden, die unter dem Titel „Ueber die Zusammenziehung des weiblichen Genitalcanals“ (Giessen 1864) erschienen ist. Ich erlaube mir auf die Einzelheiten dieser gründlichen Arbeit und seiner Untersuchungsmethode näher einzugehen, da die aus meinen Versuchen hervorgegangenen Resultate im Widerspruch zu denen des genannten Autors stehen.

Die beste Versuchsmethode ist seiner Meinung nach folgende (a. a. O. S. 11 und 12):

„Man bindet das Kaninchen, mit dem Rücken nach unten, auf ein Brett, und lässt es dann bis zur Beendigung der Operation durch Aether vollständig betäuben. Dann wird die Bauchhaut etwas unterhalb des Nabels in eine Querfalte gehoben und gerade über der Linea alba in der Länge von 10—14 cm eingeschnitten“ . . . . . .

„Die vorgefallenen Därme lässt man durch einen Gehülfen mittels eines Schwammes im oberen Theil der Bauchhöhle zurückhalten. Die Genitalien werden nun dadurch allmählich der Betrachtung zugänglich gemacht, dass man mit feinen Häkchen die Wundränder nach aussen und nöthigenfalls die Harnblase nach unten ziehen lässt. Die Aetherisation wird gewöhnlich schon beim Beginn der eigentlichen Beobachtung unterbrochen.“

Kehrer fand bei seinen Beobachtungen der Contraction der Vagina drei bestimmt ausgeprägte Formen der Bewegung, welche alle darin übereinstimmen, dass sie aus der Verkettung zweier, so zu sagen primärer Zusammenziehungen: aus einer Längscontraction (Verkürzung) und aus einer Quercontraction (Verengerung des Genitalcanals sich hervorbilden (S. 12). „Ergreifen die beiden letzteren Bewegungen eine Zone des Canals nach der anderen, so entsteht nach Kehrer die fortschreitende Zusammenziehung oder die Progressiv-Contraction, welche die Richtung vom Gewölbe zum Eingang der Vagina peristaltisch oder umgekehrt antiperistaltisch einnimmt (S. 14). Erscheinen die zwei genannten Formen der Contraction örtlich beschränkt, so erzeugt sich eine andere Form der Contraction, die stationäre Einschnürung oder Strictur. Verfällt der ganze Genitalcanal oder ein Uterushorn oder die Scheide in gleichzeitige allgemeine Zusammenziehung, so bildet sich eine Form aus, die Starrkrampf oder Tetanus genannt werden kann“ (S. 12). Kehrer giebt den Vorzug vor der Bezeichnung Spontancontractionen: dem Namen „rhythmische Contractionen“, welche entweder schon nach blosser Eröffnung der Bauchhöhle sich einstellen oder . . . . . durch einmalige Reizung angeregt“ (S. 27).

Er formulirt seine Ansicht darüber in folgenden Worten (S. 25): „Auf jede einmalige Reizung, welche nach Eröffnung des Peritonealsackes auf die bis dahin ruhigen Genitalien einwirkt und stark genug ist, eine kräftige fortschreitende Zusammenziehung zu erregen, folgt eine Summe fortschreitender Contractionen, die regelmässig periodisch in der Scheide, weniger regelmässig in den Eileitern und der nichtträchtigen Gebärmutter, längere Zeit hindurch bis zum Eintritt gewisser Veränderungen in den vitalen Eigenschaften dieser Theile sich wiederholen.“ Als nothwendige Bedingung des Zustandekommens dieser Contractionen giebt er

an, dass die Rr. sacrales der Plexus hypogastrici posteriores nicht verletzt und getrennt sein dürfen; auch darf das Blut der Genitalien nicht entleert sein.

Auf die Frage, durch welche auf die Genitalien unmittelbar einwirkenden Reize Bewegungen angeregt werden, giebt Kehrer folgende Antwort: „Durch den galvanischen Strom, durch chemische Mittel, wie Säuren, Alkohol u. s. w., durch Wärmeentziehung oder Zufuhr, mechanische Reize, wie Berühren oder Streichen der Aussen- oder Innenfläche, durch Einspritzungen von Flüssigkeiten (destillirtem Wasser!) in die Genitalhöhle u. s. w.“ (S. 37).

„Nach einer grossen Masse von eigenen Beobachtungen“ stellt Kehrer (S. 24) die Behauptung auf, dass in einer Reihe von Fällen die Geschlechtstheile reizlos genug sind, um gegen die mit ihrer Blossstellung nothwendig verbundenen Einflüsse: Luftzutritt zu den Theilen, Erkalten und Lageveränderung derselben nach Verschiebungen der Gedärme, nicht zu reagiren, dass man Viertel- und halbe Stunden die blossgelegten, aber weiter nicht berührten Genitalien beobachten kann, ohne mehr als Spuren einer Bewegung zu sehen. Aber, sagt Kehrer (S. 24), „es giebt ebenso unzweifelhaft Fälle, in denen, zumal bei Kaninchen mit massigen Genitalien und namentlich bei trächtigen Thieren, die mit der Entblössung der inneren Geschlechtstheile nothwendig verknüpften Einflüsse, bei sorgfältiger Vermeidung anderweitiger Reize hinreichen, kräftige Contractionen der Scheide und Gebärmutter zu erwecken“. Seine vielfachen Versuche führen Kehrer zu folgenden Schlusssätzen (S. 28):

I. „Die rhythmischen Bewegungen der Scheide erlöschen nach der Trennung aller Sacraläste der Plexus hypogastrici posteriores entweder sofort vollständig, oder man beobachtet nachher noch 1—3 regelmässig fortschreitende Contractionen.“

II. „Exstirpation des Plexus hypogastricus magnus und Trennung der Nn. spermatici interni und uterini anteriores lässt die rhythmischen Utero-Vaginal-Contractionen fortdauern.“

III. „Die Fähigkeit, auf einen angewendeten Reiz in eine einmalige fortschreitende Bewegung zu verfallen, überdauert die Durchschneidung aller genannten Nervenbahnen“ (S. 28).

IV. Auf Grund seiner Versuche kommt Kehrer ferner zu dem Schluss, dass die Centren für die rhythmischen Vaginal-Contractionen weder in den Ganglien des Pl. hypogastr. poster. oder magnus, noch in denen des Pl. mesentericus, noch in den Ganglien der Scheidewände selber zu suchen sind, sondern im Rückenmark oder Gehirn (S. 29).

V. Weiter, auf S. 30, sagt Kehrer: dass die vollständige Ablösung der Scheide von ihrer Umgebung ihre Bewegung vollständig aufhebt. „Derselbe Erfolg wird nach Eröffnung der Genitalgefässe bei unverletzten Nerven ebenfalls beobachtet“ (S. 30).

VI. „Durch elektrische, chemische und mechanische Reizung des Pl. hypogastr. magnus lassen sich in den ruhenden Genitalien nicht mit Sicherheit Contractionen auslösen und Charakter und Rhythmus der eingeleiteten Bewegungen nicht verändern“ (S. 30).

VII. „Elektrische Reizung der Rr. sacrales eines Pl. hypogastr. post. erregt Contractionen in den nach dem Tode ruhig gewordenen Genitalien“ (S. 31).

VIII. Nach Unterbrechung des Genitalkreislaufes durch einfache Unterbindung der Aorta abdominalis oder der Cava inferior oberhalb des Abgangs der Vasa spermatica oder durch gleichzeitige Ligatur beider Gefässe treten zunächst keine oder nur sehr schwache Zusammenziehungen in dem ruhenden Genitalcanal auf, und dauern die bereits angeregten rhythmischen Bewegungen gewöhnlich noch eine gewisse Zeit unverändert fort, während später deren Energie vermindert und deren Rhythmus verlangsamt wird“ (S. 32).

IX. „Nach dem asphyktischen Tode treten gewöhnlich rhythmische Contractionen in den bis dahin ruhigen Genitalien ein und überdauern denselben gleich den schon vorher beobachteten Bewegungen noch eine gewisse Zeit. Sie halten länger an bei trächtigen als bei nichtträchtigen Thieren“ (S. 34).

X. „Injection von Flüssigkeiten in die Bauchaorta erregt in den ruhigen Genitalien rhythmische Contractionen und vermehrt vorübergehend die Frequenz und Energie der bereits eingetretenen rhythmischen Bewegungen“ Kehrer betont dabei, dass nicht die Qualität des Gefässinhaltes die wesentliche Ursache der nach der Injection erwachten, bezw. kräftiger auftretenden Muskelbewegungen sei, wie Brown-Séquard nach der verschiedenen Wirkung von venösem und arteriellem Blute in den Uterusgefässen angenommen hatte, sondern der verstärkte Druck im Gefässsystem (S. 35). Dabei aber bedient er sich zur Injection blossen (!) Wassers und ganz indifferenter (?) Leimlösung, welche ihm heftige Reizerscheinungen verursachen.

XI. „Nach Durchschneidung sämmtlicher Genitalgefässe, d. h. nach dem Eintritt einer vollkommen acuten Anaemie verfallt die Vagina in einen vorübergehenden Tetanus, wonach alle rhythmischen Bewegungen aufhören.“ (S. 35.)

Inwieweit die Ergebnisse meiner eigenen an 64 Kaninchen angestellten Untersuchungen mit den Kehrer'schen Resultaten übereinstimmen, mag die folgende Darstellung zeigen.

Cap. II. Versuchsanordnung.

Jedes Kaninchen wurde rücklings auf dem Czermak'schen Halter befestigt und während des ganzen Versuchs in einen schon von Frommel[1] gebrauchten, unten (S. 105) näher beschriebenen Wärmeapparat gebracht, weil sich Kaninchen in unveränderlicher Rückenlage abzukühlen pflegen. Die Temperatur des Kaninchens wurde durch ein im Rectum gehaltenes Thermometer gemessen. Durch den Wärmeapparat floss aus einem Wasserbade beständig Wasser von 38—39^0 C. und der Durchfluss wurde so regulirt, dass das Thier stets seine normale Temperatur behielt.

Niemals, nicht vor Beginn und nicht im Anfange des Versuches wurde das Thier durch irgend welche narkotische Mittel betäubt, es blieb also in denjenigen Fällen, welche zur Erforschung der normalen Contraction dienten, das Thier während der ganzen Versuche, in den anderen während einer ganzen, etwa 50 Minuten dauernden Umdrehung des Kymographion-Cylinders, auf welchem die Contractionen sich aufzeichneten, unter den oben angegebenen allgemeinen Bedingungen. Wir nennen diese Bedingungen normal, da sie nicht von denjenigen abweichen, unter welchen überhaupt physiologische Versuche mit messenden Methoden ausgeführt werden. Ein Blutdruckversuch am nicht aufgebundenen Thier würde auch vielleicht andere Resultate geben, als wir gewohnt sind als normale anzusehen. In einer Reihe von Versuchen habe ich folgendermaassen operirt: Mit Hülfe einer gebogenen Glassonde habe ich einen sehr dünnwandigen Gummibeutel (Condom) oder eine Fischblase ohne jede Operation in die Vagina eingeführt. Nachdem ich die Sonde so vorsichtig entfernt hatte, dass der Ballon in der Vagina an seiner Stelle blieb, band ich das offene Ende des Ballon über einen Katheter à double courant mit zwei gabelförmig auseinandergehenden Röhrchen. Mit dem einen Ende des Gabelrohres war ein Glasröhrchen (Steigrohr) in Verbindung, das an einem Stativ vertical befestigt war; durch das andere Röhrchen wurde Wasser von 38^0—38·5^0 C. in den Beutel eingeleitet: solange bis es im Steigrohr eine Höhe von 5—10^{cm} über dem Niveau der Scheide erreicht hatte. Die Menge der Flüssigkeit, welche hierzu nöthig war, hing natürlich von der Grösse der Vagina ab, welche bei starken, schwangeren Kaninchen manchmal 20^{cm} Länge und 5^{cm} Breite erreicht. Wenn die Wandungen der Vagina genügend entfaltet waren, so wurde das zweite Röhrchen des Katheters abgeschlossen und das obere Ende des Steigeröhrchens mit der Marey'schen Luftkapsel verbunden, deren Schreibhebel die vaginalen Contractionen auf dem langsam rotirenden (in 50 Minuten eine

[1] A. a. O. S. 208.

Umdrehung) Cylinder eines Ludwig'schen Kymographions[1] Baltzar'scher Construction zeichnete. — Die Zeichenkapsel war so gestellt, dass die Membran mit dem horizontalen Schreibhebel nach unten gerichtet war, also mit vermehrter Luftspannung die Feder nach unten gedrückt wurde. Daher bedeuten in den Curven die Senkungen: Contractionen der Vagina, die Erhebungen: Erschlaffungen. Die Anwendung des Katheters à double courant war unumgänglich nöthig, erstens, damit man beim Einspritzen des Wassers in den Beutel die Luft aus demselben entfernen und überhaupt (wie beim Herzen) alle Perfusionen verschiedener und verschieden temperirter Flüssigkeiten bequem bewerkstelligen konnte. Das in den Ballon eingebundene Ende des Katheters wurde durch den Vorhof bis 1^{cm} tief in die Vagina hineingeschoben, um von den Muskelcontractionen des Beckenausganges die Schrift der Vaginalbewegungen nicht stören zu lassen. Zu diesen Versuchen wurden 39 Kaninchen gebraucht, die auf verschiedenen Stufen des geschlechtlichen Lebens standen. Eine andere Reihe von Versuchen wurde in folgender complicirterer Weise ausgeführt: Den Kaninchen wurde in der Linea alba die Bauchhöhle geöffnet, eine Gebärmutter eingeschnitten und durch diese Oeffnung ein gekappter elastischer Katheter bis in die Vagina eingeführt und durch den Vaginalvorhof nach aussen gebracht. Hier band man über sein Ende einen sehr dünnwandigen Gummischlauch, dessen andere Oeffnung mit einem neusilbernen Katheter à double courant verbunden wurde. Darauf wurde der elastische Katheter zurückgezogen, bis der Schlauch in der Vagina zum äusseren Muttermund gelangt war und der Katheter à double courant 1^{cm} tief in dem hierdurch festgeschlossenen Scheideneingange steckte. Das freie Ende des elastischen Katheters wurde mit dem Steigröhrchen nebst Luftkapsel in Verbindung gebracht. Nachdem endlich die Wunde der vorderen Bauchdecken zugenäht war, wurde das Kaninchen in den Wärmeapparat gebracht.

Diese Versuchseinrichtung verursacht natürlich, im Vergleich zu der vorhergehenden, eine Reihe von abnormen Bedingungen. Erstens sinkt während dieser Vorbereitungen bei geöffneter Bauchhöhle die Temperatur des Kaninchens bis auf 35^0 C., zweitens könnte das Oeffnen der Bauchhöhle und Einschneiden in die Gebärmutter reizend wirken, und drittens könnten Contractionen der Scheide in den ersten Stunden nach der Laparotomie durch die beginnende reactive Entzündung des Bauchfells beeinflusst werden. Aber auf Grund einer Reihe von 20 Versuchen kann ich behaupten, dass die letzten zwei Momente keine Wirkung auf die Contractionen

[1] Im Verlaufe dieser Untersuchung wurden abwechselnd Kymographien gebraucht, von denen das eine einen rechtsdrehenden, das andere einen linksdrehenden Cylinder hat, daher ein Theil der Curven von links nach rechts, der andere von rechts nach links (wie die Pfeile der Figuren zeigen) zu lesen ist.

der Vagina ausüben; nur das Erkalten des Thieres bleibt nicht indifferent und für die Contractionen während der ersten Stunden ist die Temperatur bis zu welcher das Thier erkaltet, maassgebend. Erwärmt man das Kaninchen bis 38° C, so bekommt man wieder die normalen Contractionen.

Endlich habe ich fünf Versuche ausgeführt, bei denen das Thier ganz in der soeben beschriebenen Weise vorbereitet wurde; nur zum Aufschreiben der vaginalen Contractionen habe ich zwei an Länge und Durchmesser gleiche Kapseln und zwei Glasröhrchen gebraucht. Das untere Ende eines der Glasröhrchen habe ich mit dem äusseren Ende des Katheters, der durch den Uterus in die Vagina eingeführt wurde, vereinigt, wie ich es in der zweiten Reihe der Versuche schon gemacht habe, während ich das untere Ende des zweiten Glasröhrchens mit dem ersten Röhrchen des Katheters à double courant vereinigt habe, wie es in der ersten Reihe der Versuche geschah. Das Wasser wurde in den Ballon durch das zweite Röhrchen des Katheters à double courant eingespritzt, wie in den beiden vorhergegangenen Versuchsreihen.

Wir können also mit Hülfe dieser Methode zwei Curven bekommen, welche die Contraction der Vagina verdeutlichen, da das Wasser aus dem Ballon während der Contractionen in die beiden endständigen Glasröhrchen hereingetrieben wird, so dass also während der Contraction die Federn der beiden Kapseln sinken und während der Erschlaffung beide Federn emporsteigen. So erhalten wir zwei übereinander gezeichnete Curven.

Cap. III. Die rhythmischen automatischen Bewegungen der Scheide des Kaninchens.

Bevor ich mich mit dieser Arbeit beschäftigte, habe ich beim Operiren der Bauchhöhle zu anderen Zwecken den Uterus und die Vagina stets in Bewegung gesehen. Ich wusste aber dann nicht, ob diese Contractionen nicht als Resultate der ausgeführten Operation, die als ein starkes Reizmittel ist, zu betrachten sind, oder vielleicht durch den Luftzutritt zu den Geschlechtstheilen veranlasst.

Aber als ich die zweite Versuchsreihe der vorliegenden Arbeit anstellte, habe ich nicht selten beim Oeffnen der Bauchhöhle bis zum Einschnitt in den Uterus, um den Katheter in die Vagina einzuführen eine 0·6 procentige Kochsalzlösung von 38·5° C. in die Bauchhöhle gegossen und beobachtete dabei, dass die Contractionen der Vagina und des Uterus fortdauerten. Bei den 60 Versuchen, von welchen manche ganz, während einiger Stunden, dem Beobachten der ungestörten Contractionen gewidmet

wurden, alle anderen wenigstens während einer $^1/_3$ bis $^3/_4$ Stunde (entsprechend einer halben oder ganzen Umdrehung des Kymographioncylinders) habe ich in der ersten Versuchsreihe, wie ich schon angegeben habe, gleich am Anfange normale Contractionen, bekommen und in der zweiten und dritten Reihe, nach Erwärmung des Thieres bis zur normalen Temperatur. Ich muss dabei bemerken, dass vom Moment der Einführung des Ballon in die Vagina — ein Act, welchen man als einen Reiz betrachten könnte, bis zum Aufschreiben der Contractionen nicht weniger als 20 Minuten vergingen. Die normalen Contractionen folgen einander in ziemlich regelmässigen Zwischenräumen und gewöhnlich auch in ziemlich gleicher Intensität bei einem und demselben Thiere. Als Beispiel der normalen Contraction diene die Curve Nr. 1. (Fig. 1).

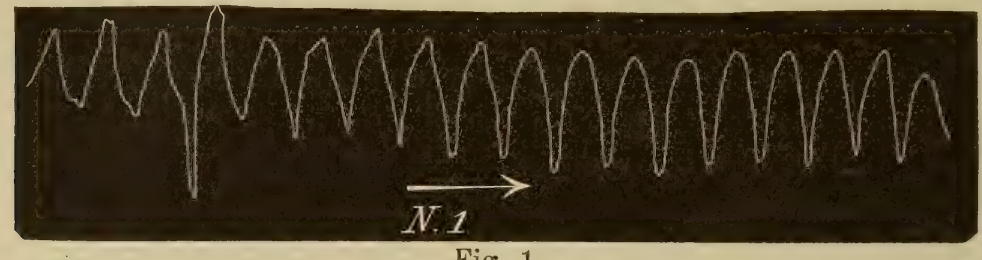


Fig. 1.

Normale automatische Contractionen der Vagina eines Kaninchens. Contractionsfrequenz: 2 pro 1 Minute. Hier wie in allen folgenden Abbildungen entspricht 1 cm Abscissenlänge 1 Minute. Die zeitliche Folge der Curven zeigt der Pfeil an. Die Contractionen sind stets nach unten geschrieben, die Erschlaffungen nach oben.

Ich kann folglich auf Grund der 60 Versuche, von welchen manche im Laufe von einigen Stunden, bei ständiger Unterhaltung der normalen Temperatur, und ohne irgend welche künstliche Veränderung im Organismus durchgeführt wurden, sagen, dass die Vagina im normalen Zustande immer spontane, rhythmische Contractionen macht.

Jetzt wollen wir die Form der Contractionen der Vagina und ihre graphische Darstellung bei Anwendung verschiedener Hülfsmittel des Aufzeichnens näher prüfen.

Um mir die Uebersetzung der vaginalen Contractionen in ihre graphischen Zeichen klar zu machen, habe ich beim Oeffnen der Bauchhöhle während des Versuches den Verlauf der Zusammenziehungen sorgfältig beobachtet und hiermit die gleichzeitigen Aufzeichnungen verglichen.

Weiter habe ich bei den Versuchen der zweiten Reihe an laparotomirten Thieren Contractionen direct gesehen. Diese Beobachtungen sind für mich darum von grosser Wichtigkeit, weil ich Contractionen von Vaginen gesehen habe, in deren Höhle kein Ballon und keine Flüssigkeit sich befanden. Ich hatte folglich nachher bei der Oeffnung der Bauchhöhle während des Versuches, als der Ballon und die Flüssigkeit in der

Scheide waren, die Möglichkeit, die Formen der Contractionen zu vergleichen, und bin mit Hülfe vieler Beobachtungen zu dem Schlusse gekommen, dass die Form der Contractionen der Vagina durch das Einführen des Ballons und des Aufblähen desselben mit Flüssigkeit in keiner Weise geändert wird. Beim Beobachten der Scheidenzusammenziehungen in dieser Weise ergiebt sich, dass sie ziemlich complicirt sind. Die Vagina theilt sich nämlich bei ihren Contractionen in einige Abschnitte, deren Zahl 3—9 und noch mehr erreichen kann, meist wachsend mit der Länge des Organs. Die Länge der Abschnitte schwankt zwischen $^1/_2$—2^{cm}. Um diese stückweisen Contractionen kürzer zu beschreiben, wollen wir den einfachsten Fall einer von mir beobachteten kurzen Vagina anführen, welche sich in drei Abschnitte theilte: den vorderen an den Gewölben, hierauf einen mittleren, und den hinteren am Eingang der Vagina.

Von den Gewölben beginnend durchlaufen die Contractionen ausserordentlich schnell den vorderen Abschnitt und sistiren einen Moment, während dessen dieser ganze Abschnitt in einer Periode vollständiger Contraction erscheint. Hiernach durchläuft die Contraction ebenso schnell wie den ersten auch den mittleren Abschnitt und erhält ihn in diesem Zustande während einer kurzen Zeit. Nach diesem Aufenthalte geht die Contraction in derselben Weise in den hinteren Abschnitt über. Die Erschlaffung geht in folgender Weise vor sich. Wenn der zweite Abschnitt sich zu contrahiren beginnt, erschlafft der vordere in derselben Folge, wie er sich früher contrahirte; nachher, wenn der hintere Abschnitt sich zu contrahiren beginnt, erschlafft der mittlere. Darauf erschlafft auch der hintere Abschnitt und wenn er denjenigen Grad der Erschlaffung erreicht hat, welcher zu dieser Zeit in den vorhergehenden besteht, bleibt das ganze Organ normaler Weise eine kleine Anzahl von Secunden im Zustande allgemeiner Erschlaffung. Hiernach beginnt die folgende Contraction der Vagina in derselben Ordnung.

Ausser diesen peristaltischen Contractionen, beobachtet man auch solche in der entgegengesetzten Richtung vom Eingang zu den Gewölben, verlaufende, d. h. antiperistaltische Contractionen.

Was die von Kehrer beschriebenen Einschnürungen oder Stricturen betrifft, so habe ich sie in normalen Fällen nicht beobachtet, nach dem Tode aber, oder beim Leben, als das Thier bei geöffneter Bauchhöhle bis 30° C. erkaltete und die Scheide bedeutend austrocknete, also in solchen Fällen, in denen die spontanen Contractionen der Vagina ausblieben, gelang es mir auf jeder beliebigen Stelle der Vagina, wo ich Nadelelektroden anlegte, Einschnürungen hervorzurufen. — Auch einen Tetanus der Vagina habe ich in der Form, wie ihn Kehrer beschreibt, d. h. als gleichzeitige

Contraction des ganzen Organs, nicht gesehen, sondern habe bei geöffneter Bauchhöhle nur folgende Contractionsformen beobachtet:

Nach einem gewissen Reiz in der Vagina erscheinen Zusammenziehungen, die entweder von dem Gewölbe oder von der entgegengesetzten Richtung anhebend, durch das Organ verlaufen; aber von den ebenbeschriebenen normalen peristaltischen oder antiperistaltischen sich dadurch unterscheiden, dass der erste Abschnitt nicht erschlafft bevor die Contraction des zweiten Abschnittes beginnt, sondern im contrahirten Zustande verharrt. Auf diese Weise, bleibt, wenn die Contraction das Organ durchlaufen hat, die ganze Vagina eine gewisse Zeit im Zustande allgemeiner Contraction, d. h. eines Tetanus.

Cap. IV. Deutung der graphischen Darstellung der Vagina-Contractionen.

Wir wollen wieder den einfachsten Fall nehmen, welchen ich öfters zu beobachten Gelegenheit hatte: wenn nämlich die Vagina bei ihren Contractionen sich in drei Abschnitte theilt. In der ersten Reihe meiner Versuche, wenn der Ballon mit seinem blinden Ende am Gewölbe lagert, erhalten wir bei peristaltischen Contractionen Folgendes:

Bei der Contraction des vorderen Abschnittes, wird das Wasser aus diesem durch die zwei folgenden Abschnitte in das Glasröhrchen verdrängt, in welchem das niedrige Niveau der Flüssigkeit steigt; demzufolge stürzt die Luft in die Kapsel und ihre Feder zeichnet auf der sich drehenden Trommel eine fast verticale absteigende Linie. Wenn die Contraction im ersten Abschnitte geendet hat, bleibt die Feder für einen Moment stehen. Nachher, wenn der mittlere Abschnitt sich contrahirt, stürzt erstens die Flüssigkeit in den erschlafften ersten Abschnitt zurück und zweitens geht ein allerdings unbedeutender Theil von ihr in den hinteren Abschnitt und von hier nach dem Röhrchen über, daher in diesem das Niveau der Flüssigkeit nur wenig weiter steigt, was vielleicht auch durch den Gegendruck der Flüssigkeit im Glasröhrchen bedingt ist, in dem das Niveau bei der Contraction des ersten Abschnittes gestiegen war. Dem Ebengesagten zufolge wird die Feder bei der Contraction des mittleren Abschnittes nur wenig weiter herabgedrückt und bleibt hierauf wieder für einen Moment stehen. Bei der Contraction des hinteren Abschnittes endlich geht die Flüssigkeit in einer noch grösseren Quantität in die erschlafften mittleren und vorderen Abschnitte über und nur ein unbedeutender Theil von ihr geht in das Röhrchen über, wodurch die Feder nur ganz wenig mehr sinkt und dann wieder stehen bleibt.

Bei der Erschlaffung des hinteren Abschnittes steigt die Feder nach oben bis zum Niveau der Ausgangslinie, auf welcher sie während der Erschlaffungsperiode des ganzen Organs horizontal verläuft. Nachher zeichnet sich in gleicher Weise die folgende Contraction auf.

Bei den antiperistaltischen Contractionen sehen wir dieselben Erscheinungen, wie die bei den peristaltischen Bewegungen beschriebenen, wenn das blinde Ende des Ballons am Eingang der Vagina und das offene Ende an ihren Gewölben liegt, also am entgegengesetzten Ende wie in dem vorigen Versuchen.

Dabei ist Folgendes zu bemerken: Der vordere Abschnitt contrahirt sich derart, dass er die Flüssigkeit zumeist in den mittleren und hinteren Abschnitt verdrängt, während nur ein kleiner Theil in das Glasröhrchen übergeht, das Niveau seiner Flüssigkeit nur unbedeutend hebend. Darum sinkt die Feder in diesem Falle bei der Contraction des vorderen Abschnittes sehr unbedeutend. Wenn hierauf der mittlere Abschnitt sich contrahirt, findet die Flüssigkeit Widerstand im hinteren Abschnitte, weil dieser bei der Contraction des vorderen überfüllt worden, und dringt daher durch den erschlafften vorderen in das Glasröhrchen. Dadurch steigt in ihm schnell und beträchtlich das Niveau der Flüssigkeit, die Feder sinkt darum vertical und bleibt nachher einen Moment stehen. Bei der Contraction des hinteren Abschnittes sinkt die Feder wenig, da sein flüssiger Inhalt hauptsächlich im mittleren und vorderen Abschnitten bleibt und nur ein kleiner Theil von ihm in das Glasröhrchen übergeht, zumal in diesem auch der Gegendruck beträchtlich gewachsen ist. Wenn der hintere Abschnitt zu erschlaffen beginnt, steigt die Feder in die Höhe.

Um diese Beobachtungen zu controliren, habe ich Versuche angestellt, in welchen der in die Vagina eingeführte Ballon an seinen beiden Enden offen war. Bei der Peristaltik (siehe Curve Nr. 2) rückt, während der Contraction des vorderen Abschnittes die Flüssigkeit in das hintere, d. h. in das mit dem Eingang der Vagina vereinigte Röhrchen, und der Schreibhebel der (unteren) Kapsel wird steil fast vertical herabgedrückt. Während der Contraction dieses Abschnittes strömt die Flüssigkeit nicht in das vordere Röhrchen, weswegen die Feder der zweiten (oberen) Kapsel noch in Ruhe bleibt. Bei der Contraction des mittleren Abschnittes geht die Flüssigkeit aus ihm in das vordere Röhrchen über und darum sinkt die Feder ihrer Kapsel. Bei Beginn der Contraction des hinteren Abschnittes dringt die Flüssigkeit zunächst in das hintere Röhrchen, sodann in grösserer Menge hauptsächlich in den mittleren und vorderen Abschnitt, so dass nur wenig mehr in das vordere Röhrchen des Gewölbenendes (obere Kapsel) tritt. Wenn der hintere Abschnitt erschlafft, steigen beide Schreibhebel.

Bei der Antiperistaltik haben wir die umgekehrte Darstellung der

Contractionen (siehe Curve Nr. 3). Wir sehen also bei allen drei Methoden des Aufschreibens, dass die Feder so lange fällt, bis die Contraction das ganze Organ durchlaufen hat und sich nur dann zu erheben beginnt, wenn die Erschlaffung des letzten contrahirten Abschnittes anfängt.

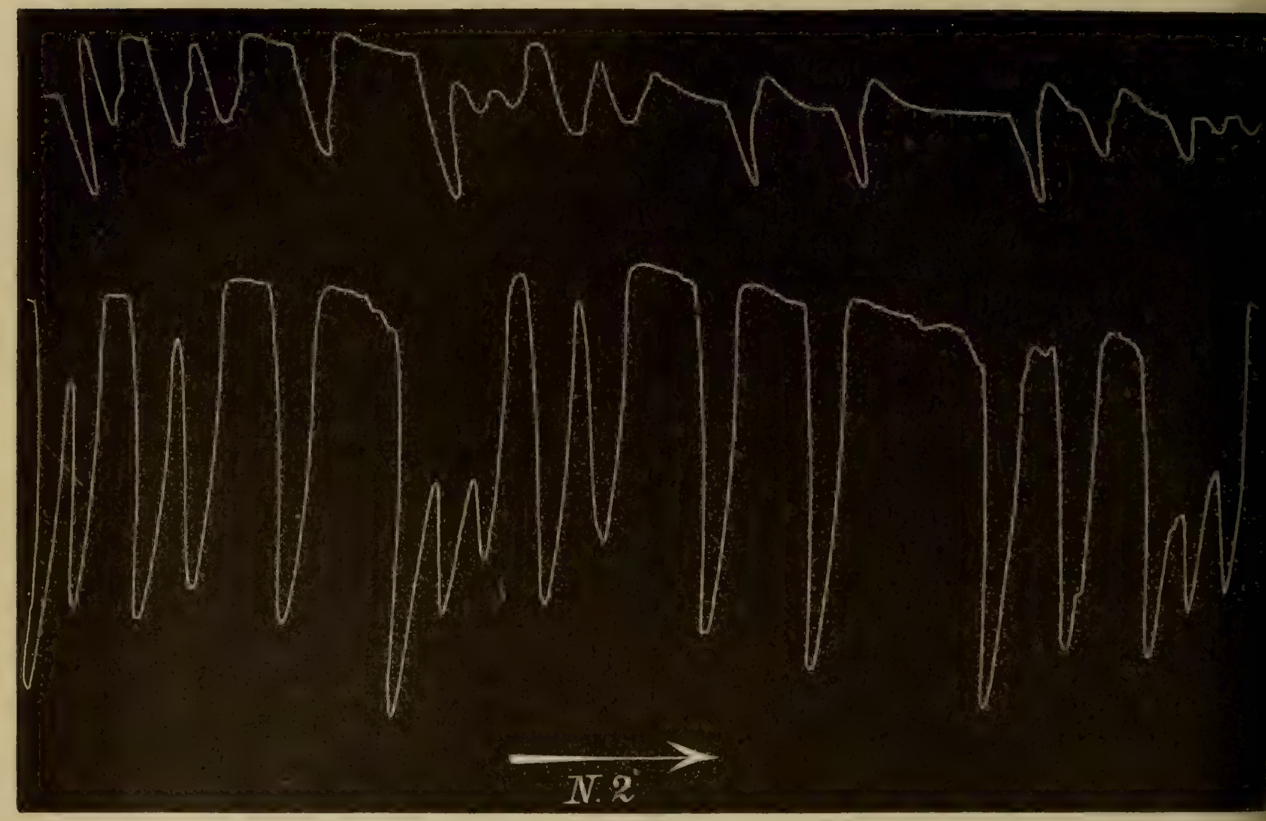


Fig. 2.
Peristaltische Contraction der Vagina. Der an beiden Enden offene Schlauch in der Vagina ist am Vorhofende mit der unteren Schreibkapsel verbunden (untere Curve), am Gewölbeende mit der oberen Kapsel (obere Curve).

In dieser Weise geschehen die Contractionen in den einfachen Fällen. Diese Fälle aber kommen selten vor.

Gewöhnlich kann man bei einer grösseren Länge des Organs auch eine grössere Zahl der Abschnitte unterscheiden, welche die Contraction schnell durchläuft. Die Contraction des einen Abschnittes ist von der Contraction des anderen durch eine kurze Pause geschieden. Es ist selbstverständlich, dass die resultirende Contractionscurve ausserordentlich complicirt werden muss, ohne ein Bild der componirenden Vorgänge zu geben; deshalb haben wir darauf verzichtet, die kurzdauernden kleinen Schwankungen auf der Curvenzeichnung durch Auseinanderziehen der Curven (also schnelle Rotation des Kymographioncylinders) bestimmbar zu machen, sondern haben es vorgezogen, die groben charakteristischen Differenzen deutlich zu machen, indem wir bei langsamer Rotation der Trommel viele Contractionscurven nahe neben einander in ein Gesichtsfeld brachten.

Bevor wir die Beschreibung der Methode verlassen, will ich noch bemerken, dass es wichtig ist, beim Einspritzen der Flüssigkeit in den Beutel die Aufmerksamkeit darauf zu richten, dass die Vagina genügend gefüllt

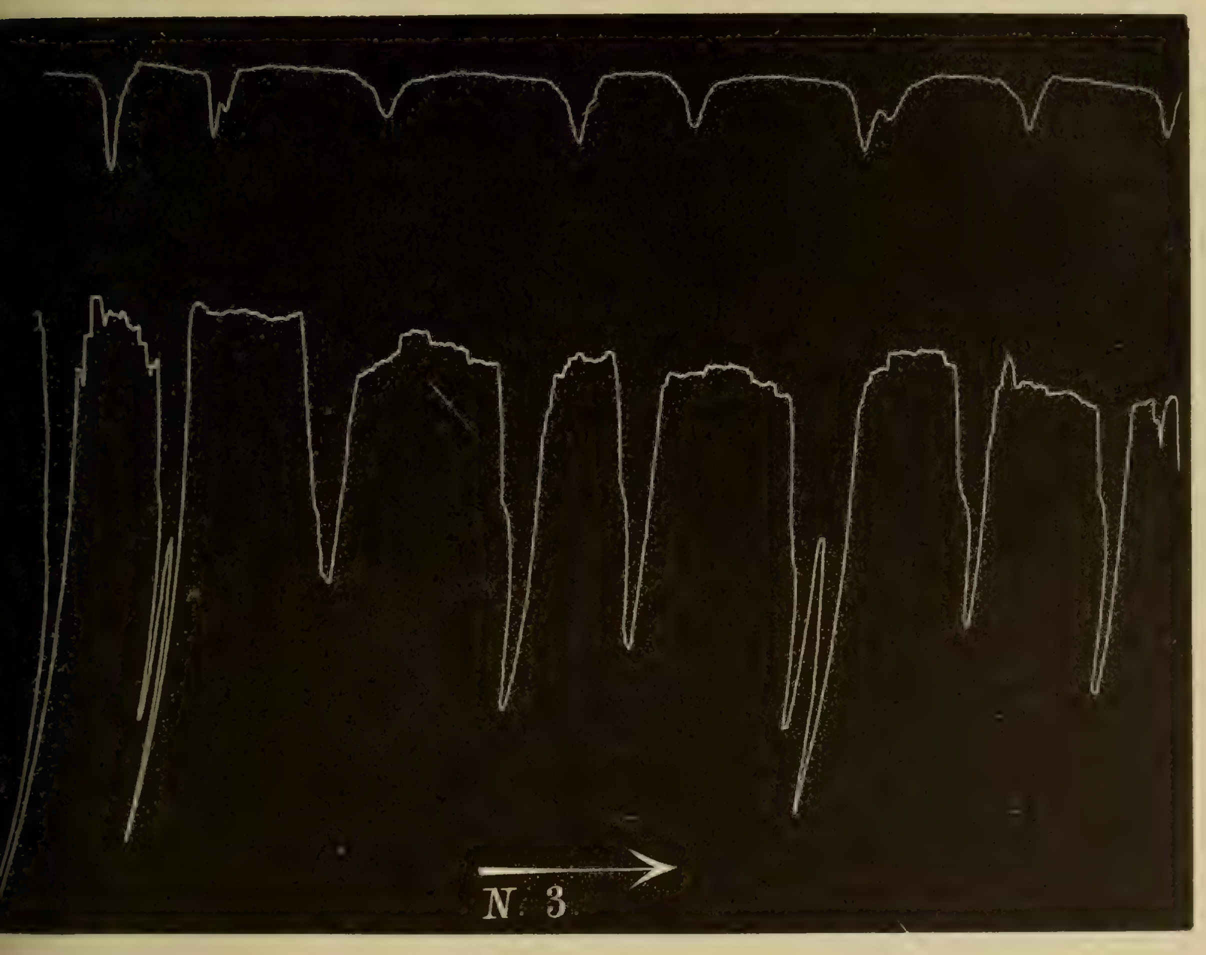


Fig. 3.

Antiperistaltische Contraction der Vagina. Von beiden Enden gezeichnet. Obere Curve vom Vorhofende, untere Curve vom Gewölbeende.

sei, aber nicht ausgedehnt werde. Bei einer nicht genügenden Füllung und bei einem grossen Organ entleert sich die Flüssigkeit während des Contrahirens nur aus einem Abschnitte in den anderen und kommt so nicht in das Steigröhrchen. Bei übermässiger Füllung, wenn das Organ stark ausgedehnt wird, finden keine Contractionen statt. Gewisse Grade der Ausdehnung verstärken die Contractionen, oder machen sie unregelmässig. — Um dies zu vermeiden, darf man die Beutel nur soweit füllen, bis die Wand des Organes während seines Ruhezustandes nicht mehr gefaltet ist. Zu solcher Füllung genügt es in den meisten Fällen, dass die Flüssigkeit im Steigröhrchen auf 5—10 ^{cm} über das Niveau der Vagina steigt.

Cap. V. Vagina-Contractionen in verschiedenen Lebensphasen der Kaninchen.

Mehrere meiner Versuche sind an Thieren ausgeführt, die nicht geboren haben, unter welchen junge, nicht ganz erwachsene und vollständig erwachsene waren; ausserdem viele an solchen Thieren, die schon geboren haben, die sich aber ausserhalb der Trächtigkeits- und Nachgeburtsperiode befanden; weiter sind Versuche an trächtigen Thieren in ihren verschiedenen Schwangerschaft-Perioden angestellt worden; und endlich Versuche an solchen, die kurz nach der Entbindung waren: an verschiedenen Tagen dieser Periode.

Die Untersuchung der Curven, welche von Vagina-Contractionen dieser Thiere bei normalen Bedingungen des Versuches gewonnen wurden, lehrten, dass die Vagina in allen Phasen des geschlechtlichen Lebens des Thieres spontane, rhythmische Contractionen macht. Was die Frequenz betrifft, so zeigt sie keine Schwankungen, welche für diese oder jene Periode des individuellen und Gattungslebens des Thieres charakteristisch wäre. Die Schwankungen, welche im Rhythmus beobachtet wurden, haben eher einen individuellen Charakter.

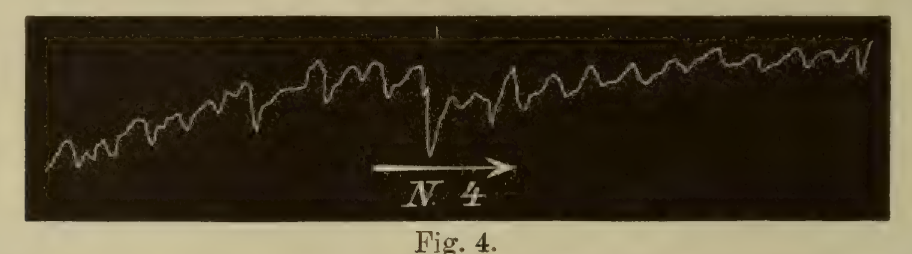


Fig. 4.
Vaginacontractionen eines unerwachsenen jungfräulichen Kaninchens.

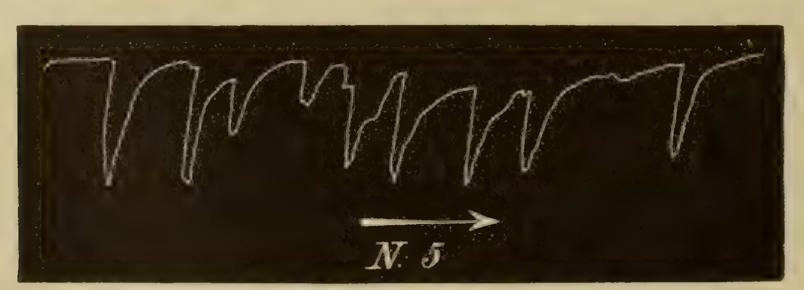


Fig. 5.
Vaginacontractionen eines ausgewachsenen jungfräulichen Kaninchens.

Ganz Anderes kann man in Bezug auf die Kraft der Contractionen sagen: Diese verändert sich bedeutend auch bei solchen Thieren, die nicht geboren haben, ihrem Alter gemäss. Die Vagina-Contractionen eines Thieres, das noch nicht geboren hat und nicht ganz ausgewachsen ist, sind schwach, nur im Stande, die Flüssigkeitssäule im Glasröhrchen wenig zu erheben, weswegen die Feder bei den Contractionen nur wenig sinkt. (Fig. 4). Bei einem Thiere, das noch nicht geboren hat, das aber vollständig ausge-

wachsen ist, sind die Zusammenziehungen der Scheide stärker (s. Curve Nr. 5).

Bei Kaninchen, die schon geboren haben, (s. Curve Nr. 6) sind die Contractionen schon stark genug, um das Niveau des Wassers im Glas-

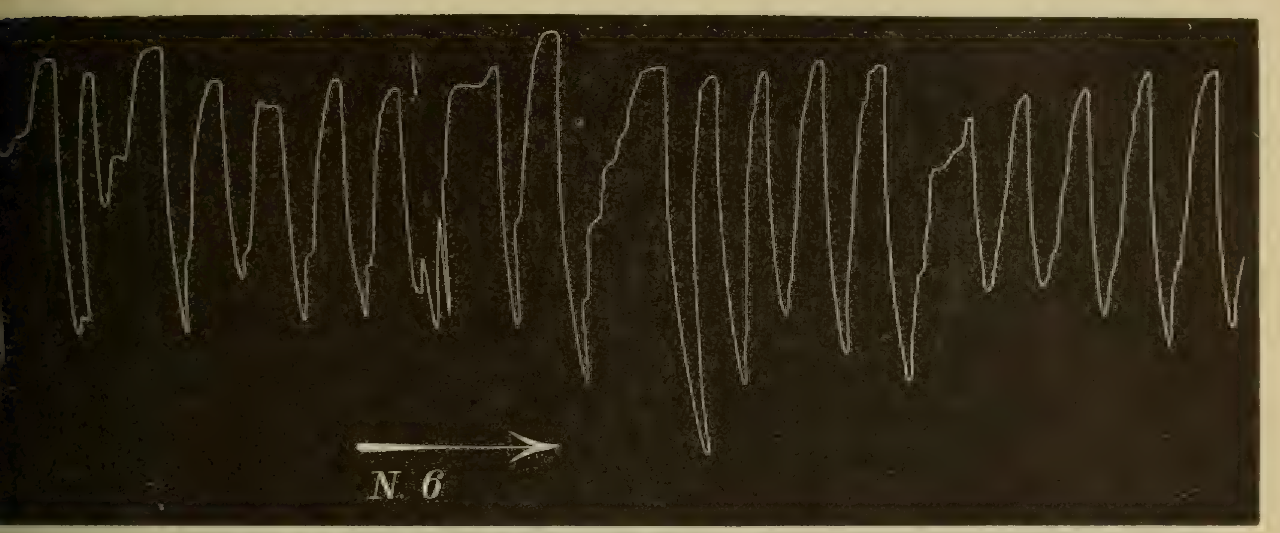


Fig. 6.
Vaginacontractionen eines curarisirten Kaninchens, welches bereits geboren hat, aber weder schwanger noch im Puerperium ist.

röhrchen auf 10 cm und manchmal noch mehr zu heben, was von der Grösse des Thieres, und folglich auch der Vagina abhängig ist.

Die stärksten Contractionen der Vagina werden während der Trächtigkeit (vgl. Fig. 7 auf der nächsten Seite) und in ähnlicher Grösse in der Nachgeburtsperiode beobachtet.

Cap. VI. Einfluss der Temperatur.

Zunächst sei die Einwirkung der Temperatur besprochen, da deren Veränderung während jeden Versuches in Betracht zu ziehen ist.

Um die Temperatur des Thieres zu verändern, habe ich mich des von Hrn. Prof. Kronecker angegebenen, schon von Frommel gebrauchten Wärmeapparates bedient.

Dieser Apparat besteht aus zwei wärmeflaschenartigen Halbcylindern aus Zinkblech mit doppeltem Mantel, zwischen deren Wänden warmes oder kaltes Wasser circulirt, dessen Temperatur in einem Wasserreservoir mit Wärmeregulator constant erhalten wird. Aus diesem Reservoir fliesst das Wasser mit regulirbarer Geschwindigkeit in den einen (unteren) Halbcylinder, und aus diesem, vermöge einer Rohrverbindung in den anderen (oberen), von wo die Ableitung in das Ausflussgefäss geschieht. Die eine Wärmecylinderhälfte wird unter den Rücken des Thieres gelegt, die andere über dessen Bauch, doch so, dass sie den Bauch nicht drückt.

So hatten wir die Möglichkeit, das Thier schnell oder langsam bis zu einer beliebigen Temperatur abzukühlen oder zu erwärmen. Speciell zur Erforschung der Einwirkung der Temperatur habe ich zwölf Kaninchen in verschiedenen Phasen des geschlechtlichen Lebens verbraucht.

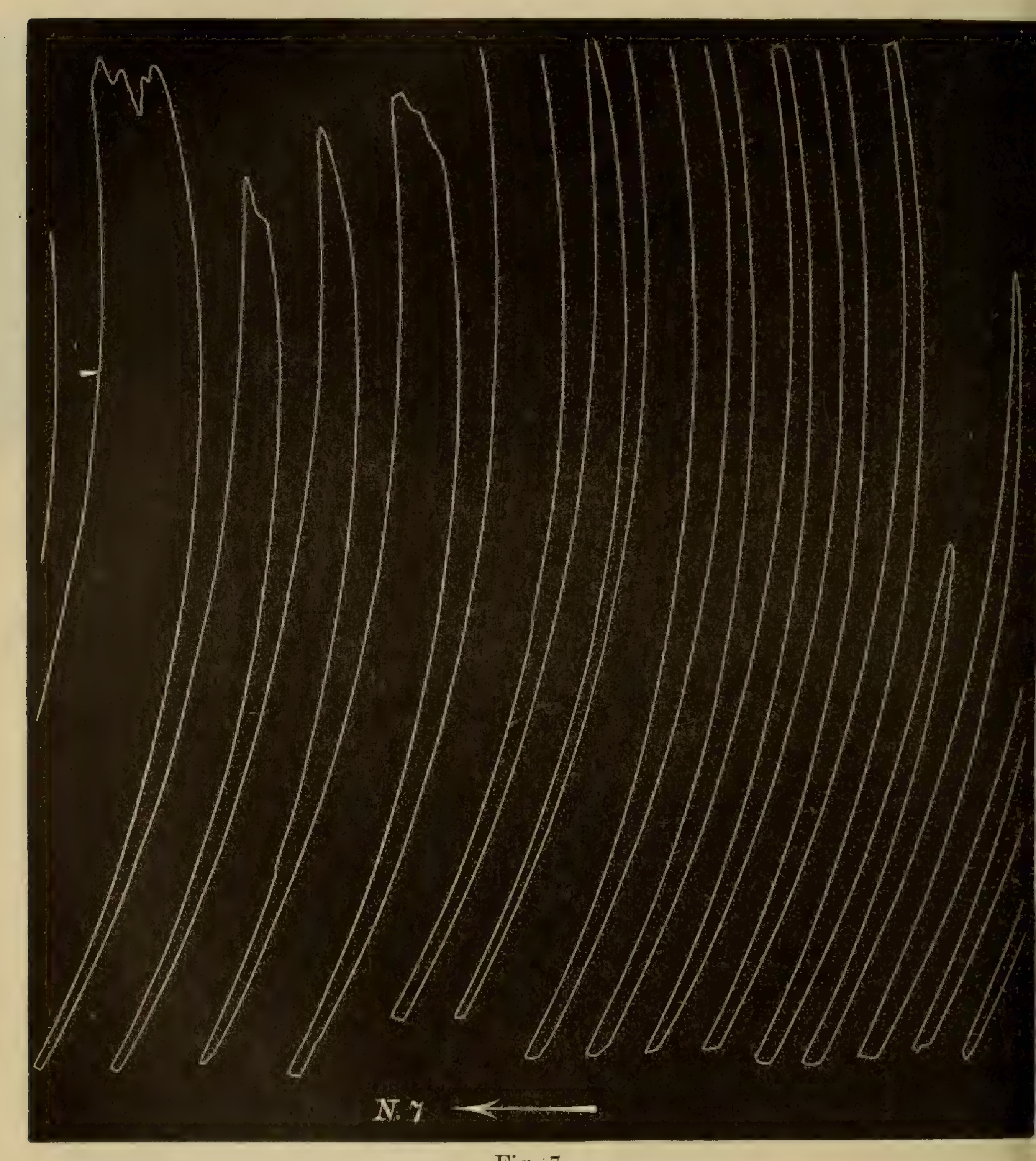


Fig. 7.
Vaginacontractionen eines trächtigen Kaninchens bei normaler Temperatur.

Bei der langsamen Erwärmung des Thieres, von 38 °C. beginnend, beobachten wir, dass, wenn die Temperatur 39° C. erreicht, die Contractionen stärker werden und das ganze Organ sich in einem gewissen Tonus erhält,

was sich auf den Curvenzeichnungen durch die Erniedrigung der Ruhelinie kund giebt, welche vom Schreibhebel während des erschlafften Ruhezustandes der Vagina geschrieben wird. Bei der weiteren Erwärmung sehen wir, dass mit Annäherung der Temperatur des Thieres gegen 40 ° C. der Tonus der Vagina und die Kraft der Contractionen sich vermindern, und diese zugleich sehr frequent werden. Zwischen 40 ° und 41 ° C. hören die Contractionen entweder ganz auf, oder werden seltener, aber unregelmässig und sehr schwach. In einem Falle beobachtete ich, dass bei sehr langsamer Erwärmung des Thieres, während sechs Stunden von 38 ° bis 44·6 ° C., die unregelmässigen Contractionen bis zu 44·2 ° fortdauerten, dann aber verschwanden. Bei 44.6 ° C. ging das Thier zu Grunde.

Wenn wir die Thiere bis etwas über 40 ° C. erwärmt haben, so dass die Contractionen entweder verschwinden, oder unregelmässig und schwach geworden sind, sie hierauf abkühlen, so verändern sich Kraft und Rhythmus der Contractionen in der umgekehrten Ordnung, und bei der Abkühlung bis 38 ° C. bekommen wir Contractionen, die sich von den zuvor bei dieser Temperatur erhaltenen in nichts unterscheiden.

Wenn von der normalen Temperatur (38 °) die Kaninchen abgekühlt werden, so erscheinen bei 37 ° C., die Contractionen verstärkt, aber ihr Rhythmus und der Tonus der Vagina bleibt unverändert; weiter zwischen 37 ° und 36 ° nimmt die Frequenz ab. Bei einer noch grösseren Abkühlung werden die Contractionen entweder immer seltener und gegen 31 ° C. folgt eine nach der anderen manchmal erst nach Pausen von drei Minuten, in Ausnahmefällen sogar nach fünf Minuten, oder sie folgen schnell nach einander, aber jede Contraction und Erschlaffung geht ausserordentlich langsam vorüber.

Hierfür kann Fig. 12 als Beispiel dienen, welche zur Erläuterung anderer Vorgänge später ihren Hauptplatz finden soll.

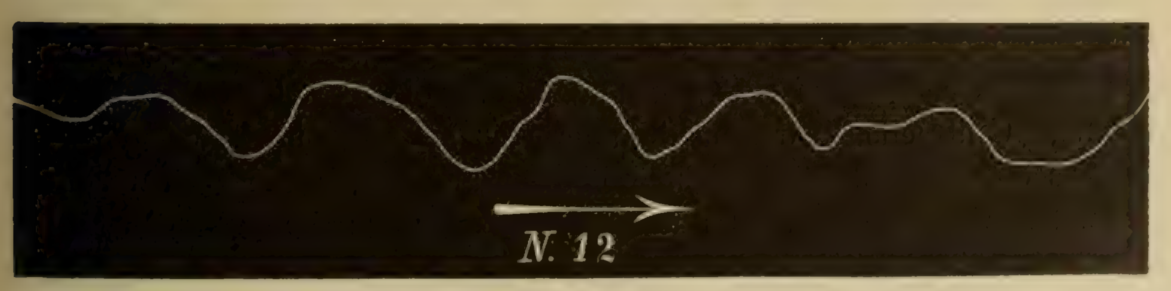


Fig. 12.

Contractionen der Vagina bei Zimmertemperatur, etwa 20 ° C.

Wenn wir das Thier, nachdem wir es langsam abgekühlt haben, zu erwärmen beginnen, bekommen wir die Veränderungen in den Contractionen in der umgekehrten Ordnung, und wenn die Temperatur ihre Norm wieder

erreicht, erhalten wir wieder Contractionen, die sich von den früheren normalen in diesem Falle nicht unterscheiden. Bei der schnellen Erwärmung des normal temperirten (38 °) Thieres, wenn alle eben beschriebenen Veränderungen binnen einer Stunde ausgeführt wurden, haben wir bis 39 ° C. denselben Effect, wie bei der langsamen in diesen Grenzen. Jenseits 39 ° werden die Contractionen schon unregelmässig und bei 40 ° hören sie gewöhnlich ganz auf. Wenn wir hierauf schnell abkühlen, so beobachten wir, dass, sobald die Temperatur etwas niedriger als 39 ° C. geworden, die Contractionen von Neuem erscheinen und sich nicht von den früher bei dieser Temperatur gewonnenen unterscheiden. Bei der Abkühlung des Thieres bis 35 ° C. sind die Contractionen zwar stark, aber werden sehr selten. Hiernach lassen sich folgende Sätze aufstellen:

a) Erwärmung des Thieres über die Norm tonisirt das Organ und verstärkt die Contractionen; wenn die Temperatur im Rectum über 40 ° C. gestiegen ist, sind die Contractionen gewöhnlich schwach und unregelmässig oder verschwinden ganz.

b) Abkühlung bis 37 ° C. macht die Contractionen stärker, ohne den normalen Tonus des Organs zu ändern. Bei weiterer Temperaturerniedrigung werden die Contractionen ausserordentlich langsam, dabei seltener, oder auch frequenter, so dass das Ende einer Contraction in den Anfang der nächsten ohne Pause übergeht.

Cap. VII. Wirkung der Asphyxie und Anaemie.

Wenn wir bei Beginn einer normalen Vagina-Contraction die Athmung aufhoben, indem wir nicht curarisirten Thieren die Trachea zuklemmten, oder bei curarisirten die künstliche Respiration unterbrachen, so sahen wir Vorgänge, wie sie die folgende Figur (Fig. 8) illustrirt. Die begonnene Contraction wird nicht unterbrochen; aber die Erschlaffung erfolgt schneller und wird nicht selten ausgiebiger, als bei den vorhergehenden Contractionen. Darauf bleibt das Organ eine gewisse Zeit in einem erschlafften Zustande, welchem einige starke Contractionen folgen; manchmal erhält sich das Organ auf der Akme der ersten begonnenen Contraction während eines ziemlich langen Zeitabschnittes (bis 1′) — macht dann einige kleine Remissionen und erreicht bei den inzwischen erfolgenden Contractionen nahezu die Akme der ersten Contraction, worauf sie in eine längere Erschlaffung verfällt, welche viel ausgiebiger ist, als diejenige der vorhergegangenen normalen Contractionen. Während dieser Erschlaffung sind

entweder gar keine Contractionen vorhanden, oder sie sind schwach. Wenn wir die künstliche Respiration wieder herstellen, so erfolgt eine starke Contraction, und darnach wird der normale Typus der Contractionen allmählich wieder hergestellt.

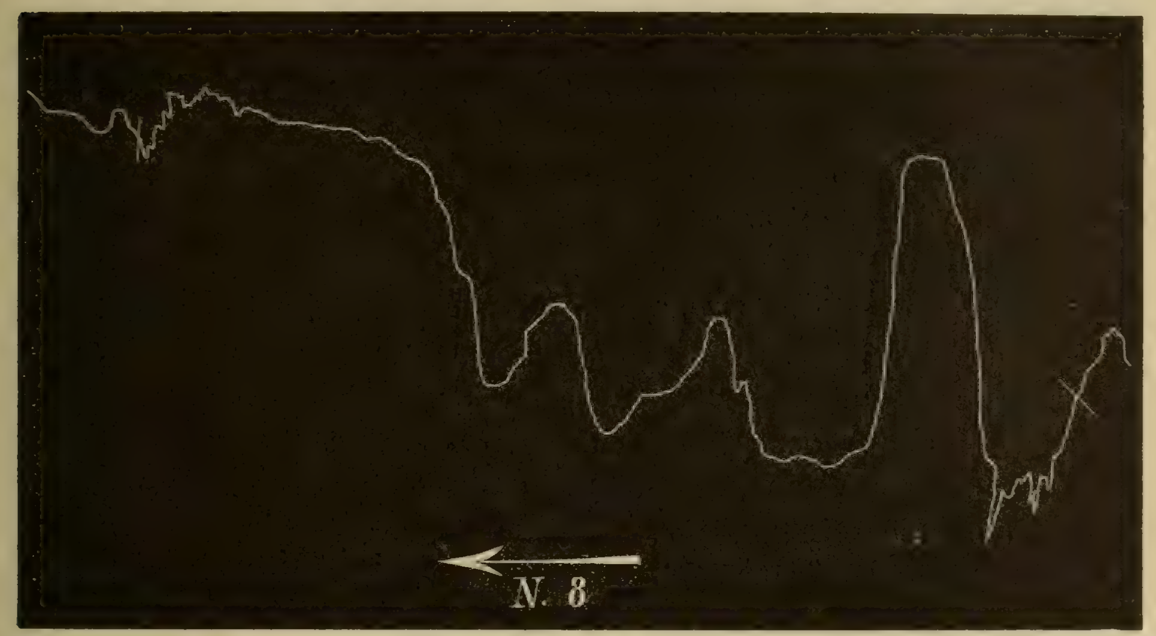


Fig. 8.
Contractionen der Vagina eines Kaninchens, dessen Athmung unterbrochen worden.

Wenn wir beim curarisirten Thiere die künstliche Respiration absperren, so macht die Vagina entweder gar keine Contractionen, oder die letzteren sind sehr schwach. — Diese schwachen Contractionen dauern einige Minuten auch nach dem Tode und hören dann ganz auf. Wenn das Organ ganz aufgehört hat sich zu contrahiren und in einem Zustande der starken Erschlaffung erscheint, finden nach der Oeffnung der Bauchhöhle unter der Einwirkung des Luftzutritts keine Contractionen statt. Wenn wir, nach Oeffnung der Bauchhöhle, die Vena cava durchschneiden,aus welcher dabei viel asphyktisches Blut ausfliesst, so beobachten wir, dass die Vagina gleich darauf sich zu contrahiren beginnt und einige starke Contractionen macht.

Wenn wir die Respiration während der Pause der Contractionen unterbrechen (wir verwenden hierzu die seltenen Contractionen bei niedriger Temperatur des Thieres), so dauert die Pause eine gewisse Zeit, oder es entsteht sogar eine grössere Erschlaffung, worauf wieder eine oder einige starke Contractionen erscheinen; dem folgt wieder eine starke Erschlaffung, zuweilen unterbrochen von schwachen Contractionen, welche aber gleich nach dem Tode aufhören.

Diese Erscheinungen können wir in folgenden Satz zusammenfassen: W e n n d i e A t h m u n g u n t e r b r o c h e n i s t, s o w i r d d i e b e g o n n e n e C o n t r a c t i o n u n v e r ä n d e r t z u E n d e g e f ü h r t; v o r d e r n ä c h s t e n

bleibt die Vagina zwei- oder dreimal länger als zuvor erschlafft. Darauf erfolgt eine sehr starke Contraction und auf der Höhe derselben bleibt die Vagina lange (bis 1′) tonisch zusammengezogen. Hiernach macht sie eine Reihe von Contractionen und verfällt endlich in lang andauernde Erschlaffung.

Zuweilen ist diese Reihe von Erscheinungen dahin abgewandelt, dass die erste Pausenverlängerung wegfällt und ebenso die tonische Anfangscontraction.

Die Erscheinungen bei Anämie sind denen bei Asphyxie etwas ähnlich, — nur sind die Contractionen nach der Anämie stärker und beginnen in dieser Art nach kürzerer Anfangspause.

Sogleich nach der Anämie, die entweder durch Eröffnung der Art. carotis oder des Herzens oder der Aorta und der Vena cava herbeigeführt worden ist, beginnt schnell eine Verstärkung und grössere Frequenz der vorhandenen Contractionen und nachher eine mehr oder weniger bedeutende Erschlaffung der Vagina, während deren die Contractionen seltener und schwächer werden.

Wenn wir die Anämie während der Pause zwischen den Contractionen herbeiführen, indem wir uns dabei des Kälte-Rhythmus bedienen, dauert die Pause einige Secunden, und es beginnt nachher eine Reihe von oftwiederholten und stärkeren Contractionen. Es macht also die Anämie die vaginalen Contractionen für eine gewisse Zeit stärker und frequenter.

Cap. VIII. Fehlerquellen der Versuche.

Jetzt hatten wir die Mittel, zu prüfen, ob unsere Versuchsweise dieselben oder andere Mängel enthält, wie die frühere (vor Frommel) geübte Beobachtungsmethode. Zunächst lag die Frage: wie verändern sich die vaginalen Contractionen nach der Oeffnung der Bauchhöhle während des Versuches? Am Ende jedes Versuches, der ohne vorherige Laparotomie angestellt wurde, haben wir die Bauchhöhle geöffnet, um uns zu überzeugen, ob der dünne Beutel in der Vagina gut liegt, d. h. ob er bis zum äusseren Muttermunde heranreicht, und ob genügend Flüssigkeit in ihn eingeführt worden. In manchen normalen Versuchen aber haben wir die Bauchhöhle früher, als das Thier noch nicht ermüdet und die Temperatur normal war, geöffnet, um erstens die Einwirkung des Luftzutritts zur Vagina auf ihre Contractionen, und zweitens die Einwirkung der verschiedenen Reizmittel auf die unmittelbar an die Vagina grenzenden Organe zu erforschen.

Weiter haben uns die Versuche gezeigt, dass die Bauchpresse bei der ruhigen Lage des nicht curarisirten Thieres, und die Athembewegungen keine Einwirkung auf die Contraction der Vagina haben; d. h. beiderlei Bewegungen erfolgen unabhängig von einander.

Wenn wir die Bauchhöhle unter den obengenannten Bedingungen während des Versuches öffnen, ist der erste Effect der Entblössung der Vagina, Beschleunigung und Verstärkung ihrer Contractionen. Diese Erscheinungen werden in ausgeprägterer Weise bei trächtigen Thieren beobachtet. Diese Verstärkung und Beschleunigung aber dauern nicht lange: gewöhnlich gegen 1′ und in Ausnahmefällen bis 4 Minuten. Nachher ändern sich die Contractionen im Vergleich zu den normalen, d. h. wie diejenigen, welche vor der Oeffnung der Bauchhöhle bestanden, ähnlich wie bei Abkühlung: sie werden nur seltener oder zugleich länger. Endlich, ungefähr nach Verlauf einer halben Stunde nach Oeffnung der Bauchhöhle, werden die Contractionen unregelmässig, d. h. sie schwanken um eine Ruhestellung des Organs, welche bald der Erschlaffung, bald dem mehr oder minder vollkommenen Tonus entspricht, und folgen einander in regellosen Zeitabschnitten.

Die erste dieser Erscheinungen, d. h. die Verstärkung und öftere Wiederholung der Contractionen können wir durch die reizende Einwirkung der Luft bei Zimmertemperatur erklären.

Die zweite Veränderung, d. h. die Verzögerung des Rhythmus oder die Langsamkeit des Verlaufes der Contractionen erklärt sich natürlich durch die Abkühlung, welche bei geöffneter Bauchhöhle schnell eintritt. Alle weiteren Veränderungen erklären sich durch die Vereinigung zweier Einwirkungen: der starken Erniedrigung der Temperatur des Thieres und der Austrocknung der Vagina.

Diese Erfahrungen lassen sich in folgenden Satz zusammenfassen: Wenn man die Bauchhöhle geöffnet hat, folgen während einiger Minuten sehr frequente und verstärkte vaginale Contractionen. Hiernach verändert sich der Rhythmus wie bei der Abkühlung. Schliesslich werden Rhythmus und Stärke der Contractionen ungleichmässig.

Cap. IX. Einfluss mechanischer, thermischer und elektrischer Reize auf die normale oder experimentell lädirte Vagina.

Wenn nach Oeffnung der Bauchhöhle erhebliche Veränderungen in den Contractionen eingetreten waren, was, wie ich schon sagte, nicht früher als in einer halben Stunde nach der Oeffnung der Bauchhöhle geschieht.

und die Pause zwischen den einzelnen Contractionen oder ihren Abschnitten grösser werden, haben wir die Wirkung der verschiedenen Reize geprüft, welche das Bauchfell, die vordere oder die hintere Oberfläche der Vagina trafen.

Von diesen Reizerregern zeigt sich die mechanische Reizung als die wirksamste. Es ist genügend diese oder jene Stelle der Oberfläche der Vagina mit einem Glasstäbchen zu berühren, um die eingetretene Pause zwischen den spontanen Contractionen durch eine oder mehrere Zusammenziehungen zu unterbrechen.

Wenn wir die Vagina ungereizt lassen, treten nach mehr oder weniger langer Pause eine oder mehrere spontane Contractionen auf. Wenden wir aber während der Pause wieder die mechanische Reizung an, so beantwortet die Vagina jeden Reiz mit einer Contraction; aber jede folgende Contraction wird kleiner, als die vorhergegangene.

Nicht weniger Positives lehrt von den örtlich angewendeten Reizmitteln die Wärme. Wenn wir die Vagina während der Pause mit kalter oder bis 40° C. erwärmter, 0·6 procentiger Kochsalzlösung übergossen haben, bekamen wir sofort eine oder mehrere Contractionen. Der Stärke nach waren diese Contractionen schwächer, als die nach der mechanischen Reizung erfolgenden.

Diese Reizmittel sind im Stande Contractionen auch nach dem Tode hervorzurufen, wenn die spontanen Contractionen aufgehört hatten.

Reizt man mit Hülfe eines du Bois-Reymond'schen Schlitteninductoriums verschiedene Stellen der vom Peritoneum bedeckten Vagina, so kann man durch einen einzelnen Schlag eine Contraction derselben hervorrufen mittels tetanisirender Inductionsschläge eine Reihe von Zusammenziehungen.

Wenn wir mechanische oder elektrische Reize beim lebenden Thiere, auf die freigelegte etwas ausgetrocknete Vagina einwirken liessen, oder nach Ablauf einer gewissen Zeit nach dem Tode, in welchen Fällen keine spontane Contractionen mehr vorhanden waren, so sahen wir nicht das ganze Organ, sondern nur die gereizte Stelle, in Form einer Einschnürung sich contrahiren. Diese locale Contraction war niemals auf der Trommel verzeichnet, weil die Flüssigkeit dabei von benachbarten Theilen der Vagina aufgenommen wurde, daher nicht in das Steigröhrchen überging.

Ferner haben wir mehr als einmal den Uterus von der Vagina abgesondert und danach die Vagina sich weiter contrahiren sehen, und die Reizungen, der man sie während der Pause zwischen den spontanen Contractionen aussetzte, beantworten. Gelegentlich will ich noch bemerken, dass die von der Vagina abgesonderte und sogar ganz aus dem Körper entfernte und auf den Tisch gebrachte Gebärmutter ohne Reizanwendung

oder in einer 0·6% Kochsalzlösung von 38° sich rhythmisch zu contrahiren fortfuhr.

Um nunmehr die indirect wirkenden Erregungen zu prüfen, wandte ich mich zuvörderst an die Nachbarorgane. Mechanischen und elektrischen Reizen, welche der vom Bauchfell überzogenen Harnblase applicirt wurden, folgten gewöhnlich zuerst Contractionen des getroffenen Organs und bald darauf der Vagina (und des Uterus). Dieselben Reizmittel, an den Uterus applicirt, bringen diesen selbst zur Contraction, dagegen die Vagina nicht so häufig zur Contraction wie im vorigen Falle. Der elektrischen Reizung des einen oder des anderen Eierstocks folgt seltener Contraction der Vagina. Diese Erfahrungen lassen sich folgendermaassen formuliren: Während der Pause lassen sich Contractionen der Vagina erwecken entweder durch mechanische, elektrische oder thermische Reizung der Vagina oder der Blase oder weniger sicher des Uterus und der Eierstöcke.

X. Wirkung der bei Experimenten gebrauchten Lähmungs- und Betäubungsmittel.

Nunmehr ist unsere Erfahrung so weit gediehen, dass wir die Wirkungen einiger toxischer Stoffe auf die Bewegungen der in normaler Weise geschützten Vagina prüfen konnten. Diese Stoffe sind: Curare, Chloroform, Aether und Morphium. Speciell zur Erforschung der Wirkung des Curare habe ich drei Versuche angestellt und diesen Stoff nachher in 29 Versuchen, welche dem Studium der Einwirkung verschiedener Abschnitte des Nervensystems auf die Contractionen des uns interessirenden Organs gewidmet waren, als experimentelles Hülfsmittel verwendet. Um die Wirkung des Curare zu prüfen, habe ich es in steigenden Dosen gegeben: wo es als vorbereitendes Mittel diente in kleinen, so viel zum verfolgten Zwecke gerade nöthig erschien. Curare war bei den Versuchen darum von Werth, weil es die willkürlichen Bewegungen der Bauchpressmuskeln aufhob, hiermit auch die unberechenbaren äusseren Druckimpulse auf die registrirende Flüssigkeit in der Vagina, wodurch active Zusammenziehung der Scheide vorgetäuscht werden konnten. Es blieben dann nur diejenigen passiven Bewegungen des Vagina-Inhaltes, welche durch die künstliche Respiration veranlasst wurden. Diese aber waren durch ihre regelmässige Folge in den Vaginalcurven ebenso erkennbar, wie bei kymographischen Versuchen auf den Blutdruckcurven.

Curare, das in der Quantität von 1 ^{Ccm} in 1 procentiger Lösung in die Vene injicirt, die Thätigkeit der willkürlichen Muskeln des Thieres aufhebt,

verändert weder die Kraft noch den Rhythmus der Vagina-Contractionen (s. oben Curve Nr. 6, Seite 105).

Wird Curare in grossen Dosen, nämlich je 1 ^Ccm^ der obengenannten Lösung, in ungefähr halbstündigen Pausen gegeben, so sehen wir nach Aufnahme von 0·03 ^grm^ die Kraft der Contraction sich vermindern. Stieg ich bis zu 0·05, so beobachtete ich kein Aussetzen der Contractionen; nur ihre Stärke verminderte sich bedeutend, der Rhythmus blieb indessen derselbe, wie vor den Curare-Injectionen.

Wir können folglich auf Grund dieser Versuche behaupten: Curare in Dosen, wie sie zu physiologischen Zwecken genommen werden, verändern weder die Intensität, noch den Rhythmus der Vagina-Contractionen; in grossen Dosen aber verringert es die Intensität, ohne auf den Rhythmus zu wirken.

Von Interesse war uns nunmehr, kennen zu lernen, wie das zur Narkose zumeist gebrauchte Chloroform auf die Vagina-Contractionen wirkt. Kaninchen gehen bekanntlich schnell zu Grunde, wenn man sie Chloroformdämpfe auf gewöhnliche Weise einathmen lässt.

In meinen Versuchen machte ich am tracheotomirten Thier künstliche Athmung, mittels eines von Hrn. Prof. Kronecker construirten, von Hrn. Dr. Lamb zuerst im hiesigen Institute angewandten Respirationsapparates. Vor der Trachea schalteten wir einen Apparat ein, um die Narkose mit Chloroform oder Aether genau abstufen zu können. Der Apparat besteht im Wesentlichen aus einer doppelhalsigen Waschflasche, die bis zur Hälfte mit Chloroform gefüllt ist. Ein System aus gegabelten und mit Hähnen versehenen Glasröhrchen ermöglichte ein in beliebigem Verhältnisse gemischtes Gemenge von reiner Luft und von solcher, die mit Chloroformdämpfen gesättigt war, dem Thiere zuzuführen.

Unter solchen Bedingungen konnte man das Kaninchen ungefähr eine Stunde lang ohne Schaden chloroformiren. Zur Erforschung der Wirkung des Chloroforms beschränkte ich mich auf drei Versuche, da die Resultate die gleichen waren.

Geben wir dem Thiere nur solche Luft, die das Chloroform passirt hat, so werden sogleich die Contractionen stärker und häufiger und der Tonus der Vagina wächst. Nach etwa drei Minuten, wenn das Thier schon eingeschlafen ist, beginnt die Vagina schnell zu erschlaffen und die Vagina-Contractionen werden immer schwächer. Endlich hören die Contractionen ganz auf. Wenn wir jetzt dem Thiere reine Luft geben, so kommen in kurzer Zeit Contractionen von bedeutender Stärke zur Erscheinung, die aber langsam sind und selten. Allmählich gelangt das Organ zum normalen Tonus und zum normalen Typus der Contractionen. Als wir einem solchen Thiere nun wieder Luft gaben, welche durch Chloroform gestrichen

war, aber mit einer kleinen Menge reiner Luft vermengt, so wurden zunächst die Contractionen (s. Curve Nr. 9) bei unveränderter Kraft etwas häufiger; darauf erschlaffte das Organ und vollbrachte in dieser Zeit einige sogar stärkere Zusammenziehungen; nachher trat eine noch grössere Erschlaffung der Vagina ein und die Kraft der Contractionen verminderte sich; zugleich wurde ihr Rhythmus unregelmässig und schliesslich hörten sie ganz auf.

Tödten wir das Thier durch Chloroform, so finden wir nach Oeffnen der Bauchhöhle die Vagina erschlafft und der Luftzutritt zu ihr ruft keine Zusammenziehung hervor. Wird die Vena cava durchschnitten, wobei ziemlich viel Blut ausfliessen kann, so sehen wir gleich darauf einige Contractionen der Vagina auftreten.

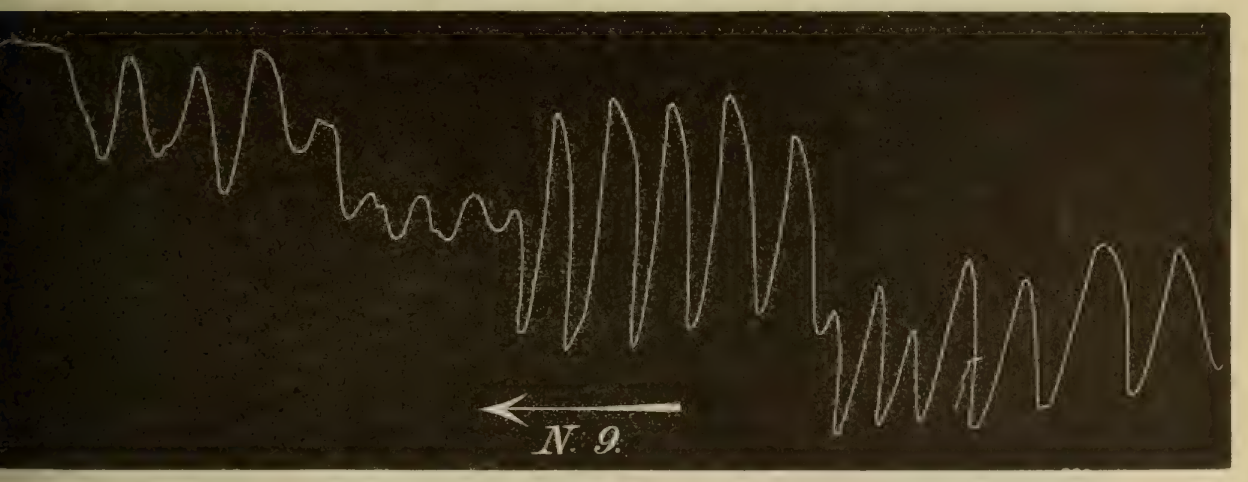


Fig. 9.
Während der vierten der hier aufgezeichneten Vaginacontractionen begann die Narkose des Kaninchens durch ein Gemenge von Chloroformdampf und etwas Luft.

Hiernach können wir den Satz aufstellen: Chloroform mit Luft gemengt erhöht anfänglich die Thätigkeit der Vagina, hierauf nimmt zunächst der Tonus ab und später auch die Kraft der Contractionen, während die Vagina immer mehr erschlafft, bis endlich alle Thätigkeit erlischt. Doch ist die Lähmung nicht letal.

Zur Untersuchung der Aethereinwirkung stellte ich fünf Versuche an. — Geben wir den Aether in derselben Weise wie Chloroform, so beobachten wir folgende Wirkung auf die Vagina-Contractionen. Wenn wir dem Thiere Luft geben, die durch Aether ging, zur Hälfte mit reiner Luft vermengt, so verstärken sich sofort die Contractionen der Vagina und folgen ausserordentlich häufig (s. Curve Nr. 10 *b*). Nach etwa 15 Minuten beginnen die Contractionen seltener zu werden (Curve Nr. 10 *a*). Vermindern wir den mit Aether gesättigten Antheil der Luft, so können wir starke und häufige Contractionen beliebig lange erhalten.

Geben wir nur solche Luft, die durch Aether gestrichen war, so erhalten wir nach einer bestimmten Zeit zwar gleichstarke Contractionen, die sich aber

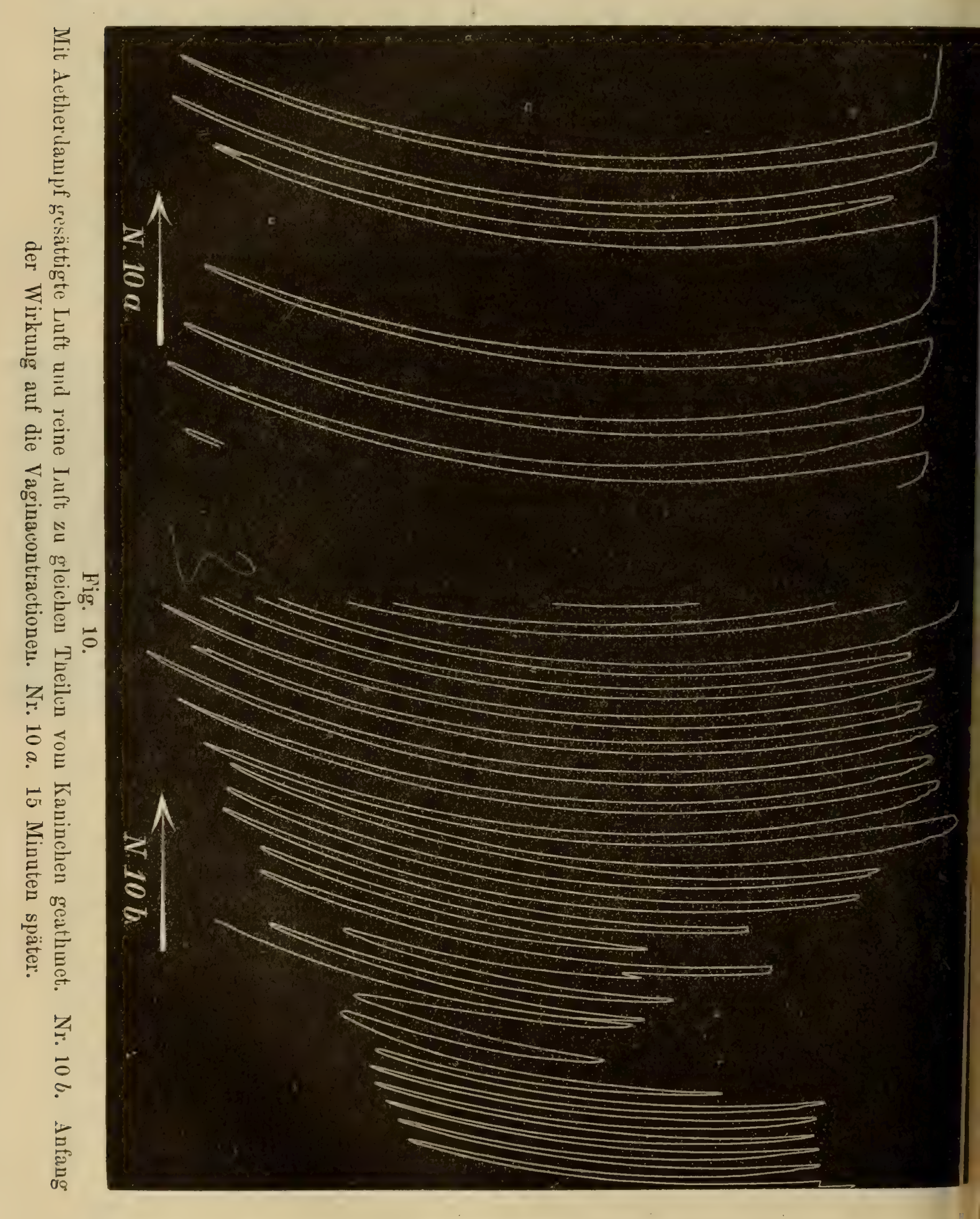


Fig. 10.
Mit Aetherdampf gesättigte Luft und reine Luft zu gleichen Theilen vom Kaninchen geathmet. Nr. 10 *b*. Anfang der Wirkung auf die Vaginacontractionen. Nr. 10 *a*. 15 Minuten später.

in grossen Pausen folgen. Führen wir ferner nur reine Luft zu, so können wir nach einer gewissen Zeit die Contractionen zu dem früheren normalen Typus bringen, worauf wir wieder, wenn wir ätherisirte Luft geben, ihre

Veränderungen je nach der Concentration der Aetherdämpfe beobachten können.

Aber auch die Wirkung des Aethers kann man nur bei dem Gebrauch des oben beschriebenen Apparates beobachten. Geben wir Aether einfach

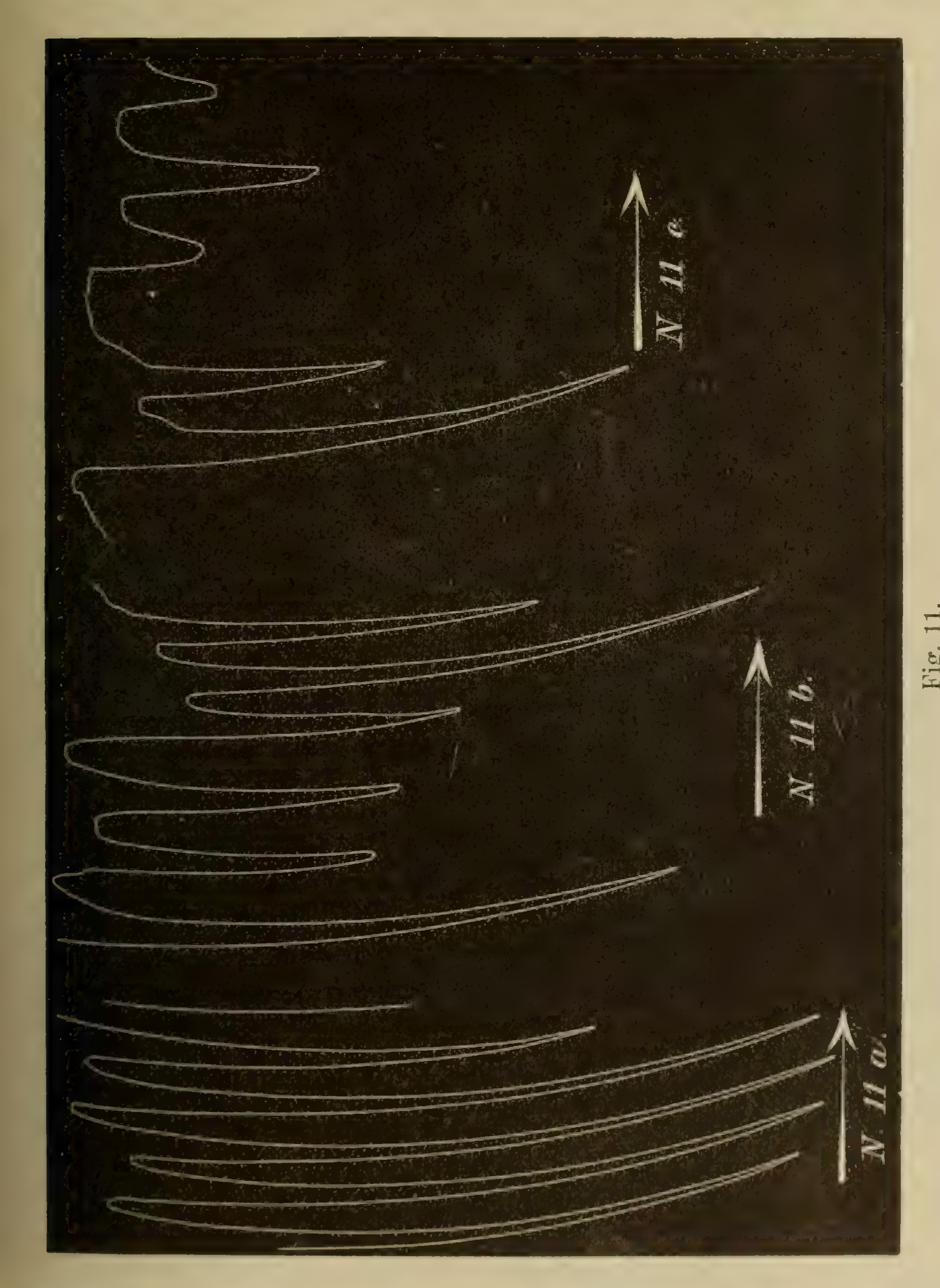


Fig. 11.

Nr. 11 *a*. Normale Vaginacontractionen; Nr. 11 *b*. Nach Injection von 0·01 grm Morphium. Nr. 11 *c*. Nach Injection von 0·02 grm Morphium. (Siehe den Text auf folgender Seite.)

durch ein vor die Schnauze gehaltenes getränktes Tuch ohne Tracheotomie und ohne künstliche Athmung, das heisst ohne die Möglichkeit seine Quantität zu reguliren, so beobachten wir dem Chloroform ähnliche Wirkungen, nämlich anfangs Verstärkung und öftere Wiederholung der Con-

tractionen, nachher Erschlaffung der Vagina und Kraftverminderung der Contractionen und Verlängerung der Intervalle.

Also: Aetherdampf mit Luft verdünnt verstärkt anfangs die Contractionen, macht sie sodann seltener, ohne ihre Kraft zu vermindern. Mit Aetherdampf gesättigte Luft lähmt nach kurzer Zeit die Vagina.

Zur Untersuchung der Morphiumwirkung stellte ich fünf Versuche an. Geben wir Morphium in gesteigerten Dosen, so bemerken wir, dass nach einer Gabe von 0·01 grm (in 1 proc. Lösung) die normalen Contractionen (Fig. 11, Nr. 11 *a* auf vorh. Seite) kleiner werden und ungleich stark (Nr. 11 *b*). Nachdem 0·02 grm Morphium gegeben worden, beginnen die Contractionen (Nr. 11 *c*) seltener zu werden; die schwachen werden vorherrschend und die starken selten. Nachdem das Kaninchen 0·03 grm erhalten, sind die Vagina-Contractionen seltener geworden und alle schwächer (Fig. 12, Nr. 11 *d*). Nachdem 0·04 grm gegeben worden, erscheint nur etwa alle 4—6 Minuten eine sehr schwache Contraction (Fig. 12, Nr. 11 *e*). Endlich etwa $1^1/_2$ Stunden nach dem Einnehmen der ersten Dose Morphium, hören die Contractionen ganz auf. In diesem Falle kann weder Abkühlung des Thieres bis 35·5° C. und nachher Wiedererwärmung bis zur Norm noch subcutane Aethereinspritzung die Contractionen wieder hervorrufen.

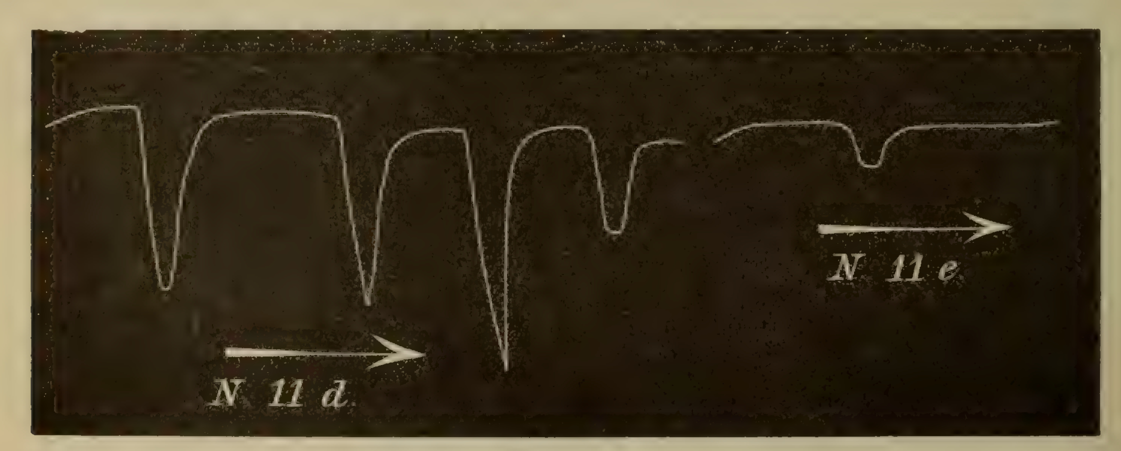


Fig. 12.
Vaginacontractionen Nr. 11 *d*. nachdem das Kaninchen im Ganzen 0·03 grm Morphium erhalten; Nr. 11 *e* nachdem im Ganzen 0·04 grm injicirt worden sind.

Das zeigt also: Mässige Dosen Morphium verkleinern etwas die Vagina-Contractionen, grössere Dosen vermindern zugleich die Frequenz, stärkste Dosen lähmen sowohl die Musculatur als auch die Innervationscentren.

Nachdem ich so die Veränderungen der Vagina-Contractionen unter verschiedenen die Vagina auch unmittelbar treffenden Bedingungen, besprochen habe, gehe ich zur Untersuchung der Abhängigkeit dieser Contractionen von den verschiedenen Abschnitten des Nervensystems über.

Cap. XI. Modification der Vagina-Contractionen durch Reizungen nervöser Centren.

Zuerst wollen wir bei der Erklärung ihres Charakters stehen bleiben, d. h. wir wollen sehen, ob diese Contractionen durch die im Organe selbst belegenen nervösen Centren bedingt sind, wie wir es beim Herzen und den Verdauungsapparaten finden, oder nur durch Centren, die in irgend welchem Abschnitte des Gehirns oder Rückenmarks gelegen sind. Um zu der Lösung dieser Frage zu gelangen, habe ich Durchschneidungen des Rückenmarks in verschiedener Höhe, ausgehend vom verlängerten Marke oberhalb des Haupt-Gefässnervencentrums bis zum Lendenmarke in der Gegend des vierten Lendenwirbels, vorgenommen. Ferner habe ich einige Male das Lendenmark vom letzten Brustwirbel aus durch eine Sonde zerstört.

Auf Grund einer Reihe solcher Versuche kann ich behaupten, dass die rhythmischen automatischen Contractionen der Vagina nach Durchschneidung des Rückenmarks auf verschiedener Höhe und endlich nach Zerstörung des ganzen Lendenmarks noch fortdauern.

Weiter habe ich vielmals Durchschneidungen der sämmtlichen sympathischen Zweige, d. h. der beiden Grenzstränge, der Zweige der Aortageflechte und der Plexus hypogastrici magni ausgeführt, sodann auch die sympathischen Ganglien und die ganzen Geflechte entfernt. In einem Falle hatte ich das Gang. mesent. infer. und den Plexus hypogastricus magnus vier Monate vor dem Versuche weggenommen. — In diesem viermonatlichen Zeitraume hatte das Kaninchen zwei Schwangerschaften durchgemacht und jedesmal fünf Junge geworfen, aber jedes Mal etwas vor der

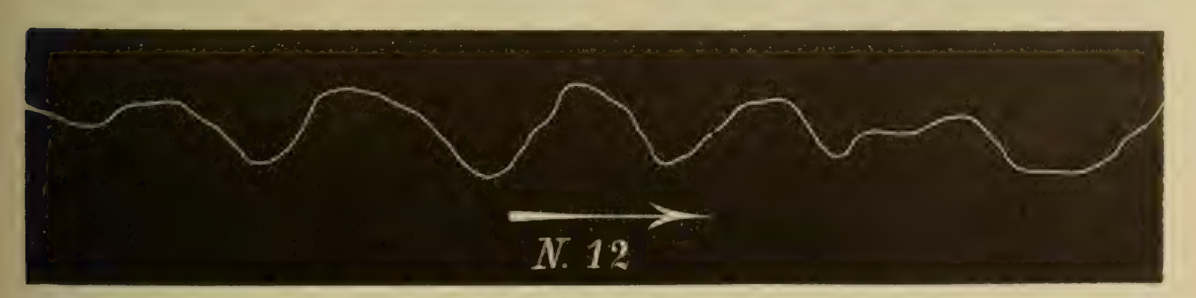


Fig. 13.
Contractionen einer vom Kaninchen ganz losgelösten Vagina.

Zeit. Mich auf diese Versuche stützend, kann ich sagen, dass nach der Durchschneidung aller sympathischen Zweige, die nach dem kleinen Becken gehen, die Contractionen der Vagina fortdauern.

Endlich zerstörte ich das Lendenmark und schnitt alle sympathischen Zweige durch und habe gesehen, dass die Contractionen der Vagina fort-

fahren, ohne besondere Veränderungen in Rhythmus und Stärke im Vergleich zu den früheren normalen zu zeigen.

Schon auf Grund dieser Versuche allein könnte man den Schluss ziehen, dass die Vagina ihre Contractionen automatisch zu Stande bringt, d. h. vermöge der Centren, die in ihrer eigenen Wandung gelegen sind.

Um diesen Satz experimentell endgültig festzustellen, musste man die zunächst dem Organe gelegenen Ganglien, also diejenigen, welche an den Vereinigungsstellen der sympathischen Zweige mit denen der Kreuzbeinnerven liegen, sowie die auf den Seitenflächen des Mastdarms und etwas nach vorn von ihm ausgebreitet sind, ausschalten. — Darum stellte ich weitere fünf Controlversuche mit ausgeschnittener Vagina an. Ich begann die Versuche in einer der vorher beschriebenen Weisen, indem ich die normalen Curven in der früheren Art registriren liess und eröffnete nach einiger Zeit die Bauchhöhle in der Linea alba, durchtrennte die Symphyse, fasste eine der beiden Gebärmütter und schnitt mit einer Scheere die Vagina sammt der Harnblase, dem Mastdarm und den Gebärmüttern aus. Alle diese Organe legte ich entweder in eine 0·6 procentige Kochsalzlösung von 38 °C., oder einfach auf den Tisch, oder liess schliesslich die so abgesonderten Organe an ihrer Stelle im Becken liegen. Die erste Lage, (in Salzlösung) ist am meisten einwandsfrei, weil dabei jede Möglichkeit von Reizung ausgeschlossen ist und die Temperatur des Organs normal bleibt; die zweite ist die ungünstigste, weil das Organ schnell erkaltet und austrocknet; die dritte bringt das Organ in keine schlimmeren Bedingungen als beim ersten Falle. Das Einzige, was im letzten Falle die Fortsetzung der Beobachtung stört, ist die Erkältung des Organs, aber von Reizen ist hier keine Rede, da das Organ sich in Berührung mit denselben Geweben befindet, mit denen es zuvor im Zusammenhange stand und von Blut getränkt wird, welches aus den durchschnittenen Gefässen ausfliessend sich im Becken ansammelt. Solche Vagina, die mit den umgebenden Organen zusammen ausgeschnitten war, fuhr fort, sich rhythmisch zu contrahiren. Darauf wurden von der Vagina der Mastdarm, die Harnblase und beide Gebärmütter losgetrennt. Auch diese von ihren umgebenden Organen isolirte Vagina fuhr fort, rhythmische Contractionen zu machen. Die Contractionen dieser im Becken offen gelagerten, also auch abgekühlten und vom Blutlauf abgelösten Vagina sind sehr träge (Nr. 12, Fig. 13), ähnlich wie diejenigen normal gelagerter Vaginen von abgekühlten Thieren. Im Anfange eines solchen Versuches habe ich einen kleinen Ballon in die Vagina eingeführt, so dass er nur die obere Hälfte des Organs einnahm, und nachher, als ich die Vagina ganz von den sie umgebenden Theilen und Organen losgelöst hatte, Contractionen des oberen Theiles der ausgeschnittenen Vagina be-

obachtet; dann rückte ich den Ballon nach der hinteren Hälfte der Vagina und schnitt die obere Hälfte ab und auch die abgesonderte hintere Hälfte der Vagina fuhr fort, rhythmische Contractionen zu machen, so stark, wie die des ganzen aus dem Körper entfernten Organs. Die Vagina vermag selbst unter diesen ungünstigen Bedingungen sich länger als eine halbe Stunde rhythmisch zu contrahiren. Demgemäss kann ich nach diesen Versuchen schon behaupten, dass die Vagina ihre rhythmischen Contractionen automatisch vollzieht, d. h. vermittelst des in ihren eigenen Wandungen ausgebreiteten Nervensystems.

Jetzt war es an der Zeit zu untersuchen, wie die (elektrische) Reizung der verschiedenen Innervationsgebiete der Vagina, deren normale Contractionsart veränderte. Zuvörderst beobachtete ich den Effect der directen elektrischen Reizung der Vagina. Zu diesem Zwecke verband ich ein Ende des Drahtes der secundären Spirale eines mittelgrossen du Bois-Reymond'schen Schlitteninductoriums mit dem in den Vorhof eingeführten neusilbernen Katheter à double courant, das andere Ende des Drahtes wickelten wir um eine der Gebärmütter, gleich über dem Scheidengewölbe. Dieser bis an sein blankes metallisches Ende mit Kautschuk umwickelte Draht wurde in das untere Ende der Bauchwunde eingenäht, so dass der Abschnitt, welcher sich in der Bauchhöhle und in der Bauchwunde befand, von den umgebenden Organen und Muskeln isolirt war. Zwischen das Thier und die secundäre Spirale schalteten wir den du Bois-Reymond'schen Vorreiberschlüssel ein, welcher den elektrischen Strom von der Vagina ablenkte, wenn er geschlossen, die Inductionsströme zufliessen liess, wenn er geöffnet war.

Wir bedienten uns entweder des intermittirenden Stromes mit dem Hammerunterbrecher an du Bois-Reymond's Schlittenapparat (40—60 Reize pro 1 Secunde), oder führten den Kronecker'schen Unterbrecher ein, von welchem eine beliebige Zahl von Reizen in der Secunde erhalten werden konnte.

Ferner, um die Wirkung einzelner elektrischer Schläge zu prüfen, hatten wir in der primären Strombahn einen du Bois-Reymond'schen Quecksilberschlüssel. Wenn wir für eine Secunde die Vagina tetanisirten bei verschiedenen Abständen der Inductionsspirale (von 5084 Drahtwindungen), so antwortete die Vagina gewöhnlich mit einer und manchmal mit zwei Contractionen, welche stärker waren als die vorausgegangenen automatischen. Dieser Contraction folgte für einige Zeit ausgiebigere Erschlaffung. Wenn wir während dieser Erschlaffung die Vagina auf eine längere Zeit in den Stromkreis einschalteten, so machte sie während der ganzen Zeit der Reizung ausserordentlich starke und häufige Contractionen

von ganz regelmässigem Rhythmus, nach dem Aufhören der Reize begann sie schwächere Contractionen zu machen (s. Fig. 14, Nr. 13). Diese schwachen Contractionen kehrten allmählich, wenn man das Thier ohne Reizung bei normaler Temperatur mehr oder weniger lange Zeit gelassen, zum

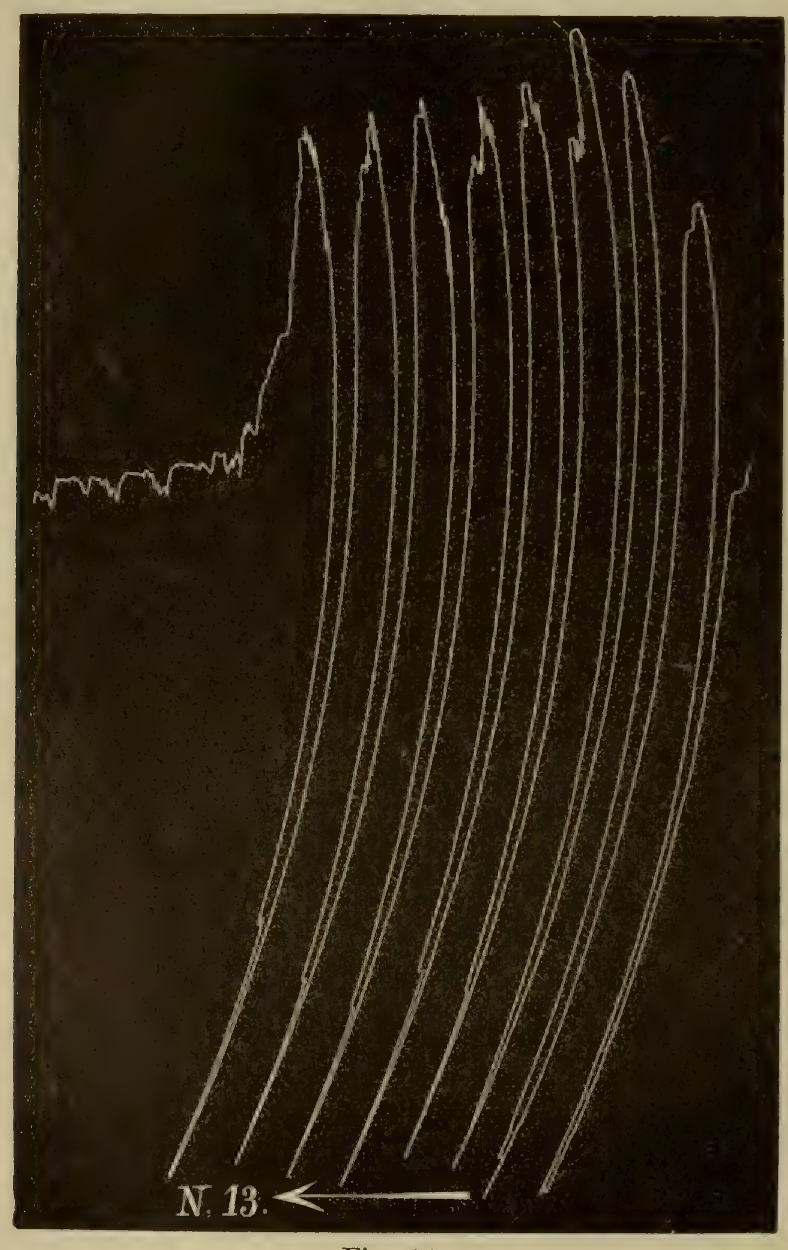


Fig. 14.

Anfangs starke Vaginacontractionen, während directer intermittirender Reizung mittels Schlitteninductorium, darauf ohne Reizung keine Contractionen der mässig erschlafften Vagina.

Typus der normalen zurück. Wenn wir die Vagina wieder in den Inductionsstromkreis einschalteten, so folgte wieder eine Reihe von starken Contractionen, während der ganzen Zeit der Reizung. Doch muss man die Reize verstärken. Liessen wir einzelne elektrische Schläge einwirken, so

sahen wir auf jeden einzelnen Schlag eine oder zwei stärkere Contractionen erfolgen, welche stärker waren als die früheren normalen. Ein Doppelschlag ruft eine stärkere Contraction hervor als die Einzelschläge. Auf einzelne elektrische Schläge reagirt die Vagina am besten bei normaler Temperatur des Thieres. Ich kann also auf Grund einer Reihe ähnlicher Versuche sagen, dass die Vagina auf elektrische Reize nicht wie ein Muskel reagirt, sondern wie ein mit nervösen Centren versehenes Organ.

Nun gehe ich zu der Einwirkung der Reize des centralen und peripherischen Nervensystems auf die Contractionen der Vagina über, und beginne mit dem letzteren.

Zu diesem Zwecke haben wir kurze oder lange Zeit das centrale Ende des durchschnittenen Nervus ischiadicus oder Nervus cruralis gereizt. Das Centralende des einen oder des anderen Nerven wurde dazu auf Ludwig-Basch'sche Elektroden gelegt. Wir reizten die obengenannten Nerven, sowohl bei unversehrtem Rückenmark, als auch, wenn dasselbe in verschiedener Höhe durchtrennt war und endlich bei zerstörtem Lendenmarke. Kurze Reizung des centralen Endes eines durchtrennten Nervus ischiadicus bei unversehrtem Rückenmarke hat verschiedenen Effect auf die Contractionen der Vagina. Wenn wir während des Anfangs einer spontanen Contraction

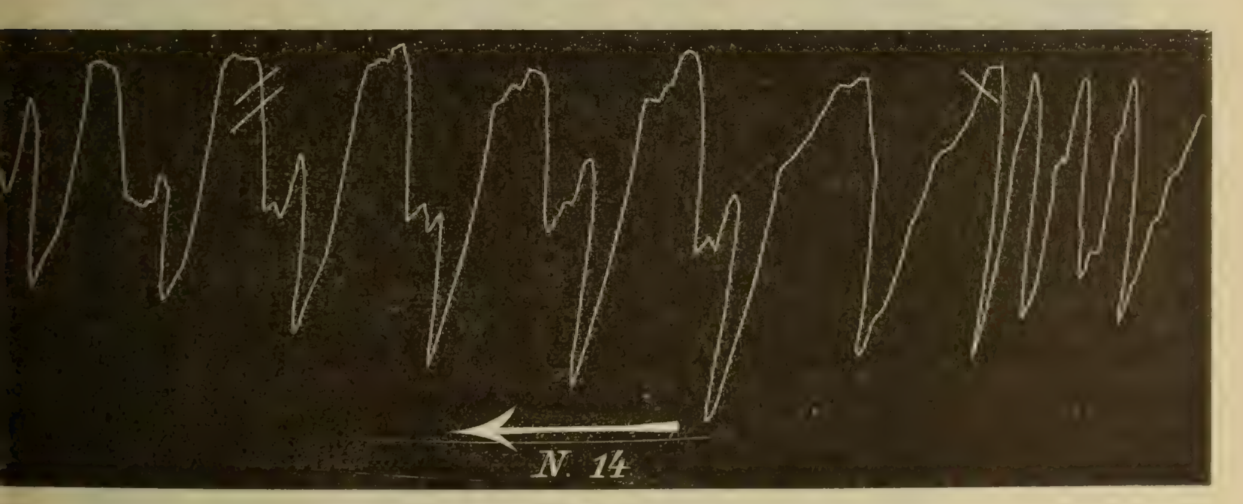


Fig. 15.
Aenderung der Vaginacontractionen, während das centrale Ende eines Nervus ischiadicus tetanisirt wird. Dauer der Reizung von dem einfachen Strich | rechts bis zum doppelten Striche links | |.

reizen, so bekommen wir verstärkte Contraction. Der Reiz während des Beginns der Erschlaffung der Vagina verlangsamt diese Erschlaffung. Fällt der Reiz während einer Pause ein, so verlängert er diese Pause. Während langer Reizung (5 Minuten) des centralen Endes der Nervi ischiadici sind die Contractionen der Vagina verstärkt und seltener und auch die Dauer jeder Contraction verlängert sich um das zwei- oder dreifache der normalen. Diese lange Dauer ist hauptsächlich auf Rechnung der ver-

langsamten Erschlaffung zu setzen (s. Fig. 15, Nr. 14). Ueberhaupt kann man sagen, dass die Reizung des centralen Endes vom N. ischiadicus bei unversehrtem Rückenmarke den Umfang der Contractionen vermehrt, den Rhythmus verlangsamt. Die Reizung der centralen Enden der Nervi ischiadici hat den gleichen Erfolg, nachdem das verlängerte Mark oberhalb der Gefässnervencentren durchtrennt ist. Nach der Durchschneidung des Rückenmarks in der Gegend des ersten Lendenwirbels, ebenso wie nach der Zerstörung des ganzen Lendenmarks übt die Reizung des Nervi ischiadici keine Einwirkung auf die Vaginacontractionen mehr aus.

Jetzt wollen wir untersuchen, wie die Contractionen der Vagina sich verändern bei directer Reizung der Medulla oblong. oder des Rückenmarks.

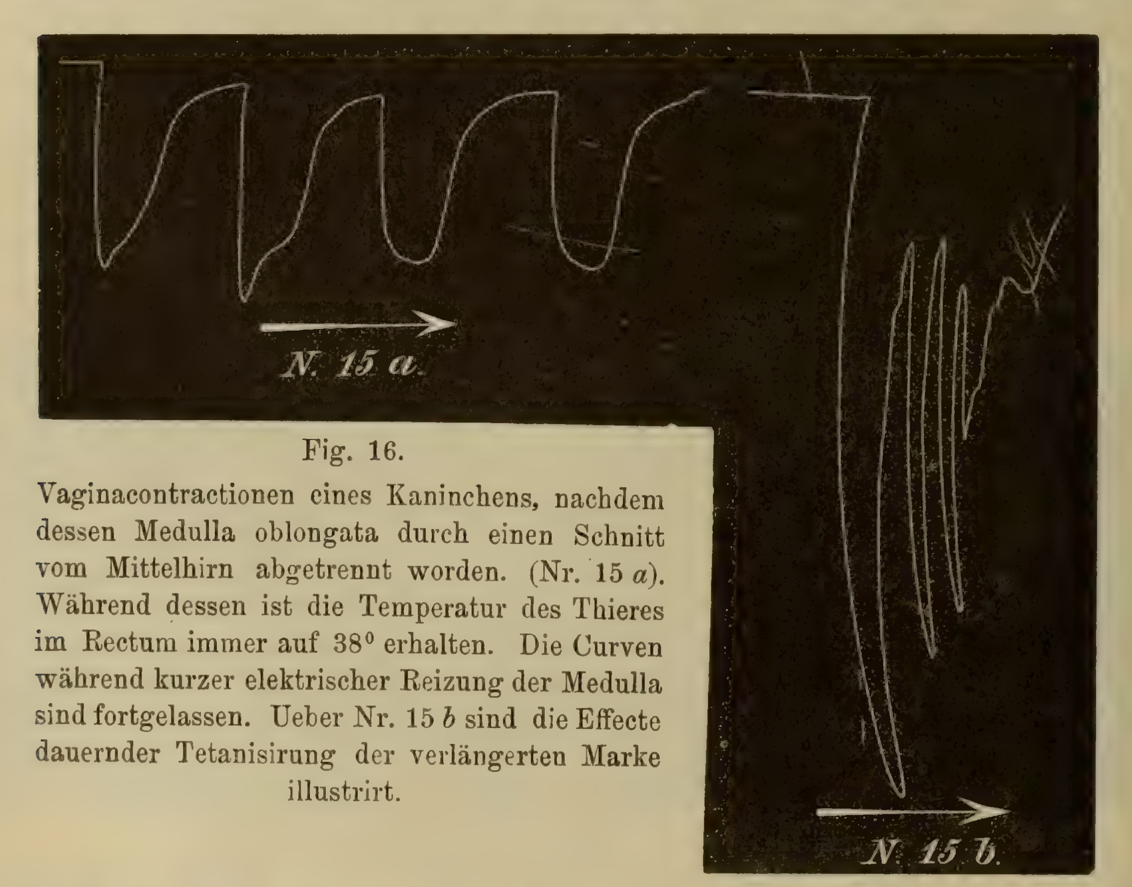


Fig. 16.
Vaginacontractionen eines Kaninchens, nachdem dessen Medulla oblongata durch einen Schnitt vom Mittelhirn abgetrennt worden. (Nr. 15 *a*). Während dessen ist die Temperatur des Thieres im Rectum immer auf 38° erhalten. Die Curven während kurzer elektrischer Reizung der Medulla sind fortgelassen. Ueber Nr. 15 *b* sind die Effecte dauernder Tetanisirung der verlängerten Marke illustrirt.

Wenn wir das verlängerte Mark über allen vitalen Centren durchschnitten haben und die Schnittstelle während einer Pause zwischen den spontanen Contractionen kurze Zeit elektrisiren, so wird die Pause verlängert und darauf folgt verstärkte Contraction. Hierauf bleibt noch eine etwas verlängerte Pause, worauf Contractionen mit normaler Kraft und Frequenz auftreten. Wenn wir die Medulla oblongata längere Zeit hindurch reizen, so erschlafft, nach einer starken Contraction, die Vagina nicht bis zu den normalen Grenzen, sondern macht, mit Beibehaltung eines gewissen Tonus, eine ganze Reihe schnell folgender Contractionen (s. Fig. 16, Curve Nr. 15 b);

sobald wir die Reizung unterbrechen, entsteht eine Erschlaffung der Vagina und nach kurzer Zeit folgen Contractionen von normalem Typus. Dauernde elektrische Reizung des verlängerten Markes wirkt auf die Vagina-Contrac-

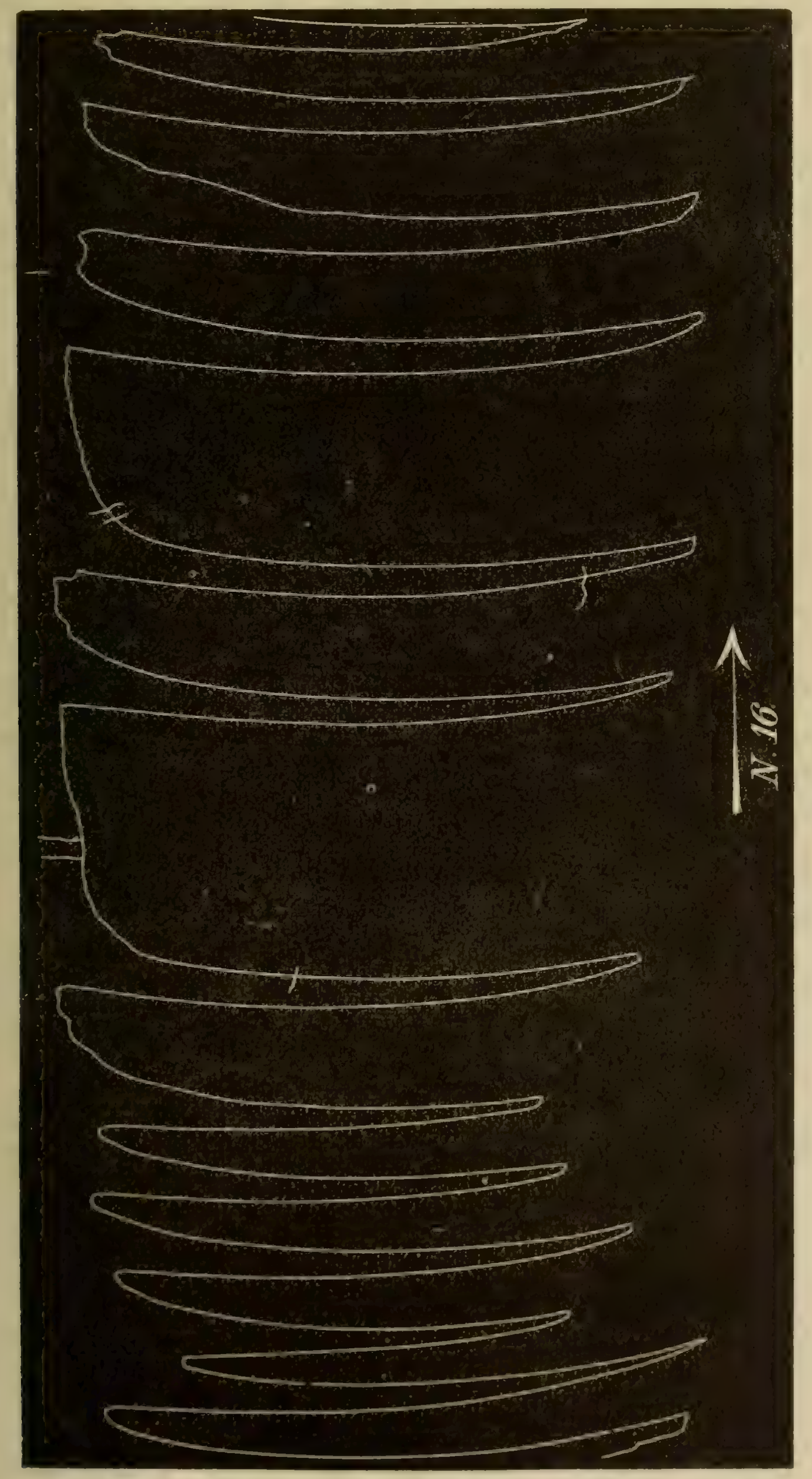


Fig. 17.

Während normaler Vaginacontraction wird die Medulla oblongata zweimal für kurze Zeiten jedesmal vom Zeichen — bis zum Zeichen || tetanisirt. Zuvor war aber das Lendenmark in der Gegend des dritten Lendenwirbels durchtrennt. (S. Erklärung auf nächster Seite.)

tionen in ähnlicher Weise, wie Asphyxie, und ebenso können wir am enthirnten Thiere durch Aufhebung der Athmung Effecte erzielen, ähnlich wie durch Tetanisirung der Medulla oblongata.

Wenn wir nach Durchschneidung des verlängerten Marks einen Durchschnitt durch das Lendenmark machten (in der Gegend des dritten Lendenwirbels), so trat als Resultat der Reizung des verlängerten Marks eine ganz andere Erscheinung auf: sie bewirkte nämlich, wie das auf der Curve Nr. 16 (Fig. 17) zu sehen ist, weder Verstärkung, noch grössere Frequenz der Contractionen der Vagina, noch einen Tonus der letzteren; sondern im Gegentheil folgte gleich auf die Reizung eine verlängerte Pause. Hierbei scheint der Effect grösser zu sein, wenn die Reizung in die Zeit der Erschlaffung der Vagina fällt, als wenn wir das verlängerte Mark während der Contraction der Vagina reizen.

In einem Falle habe ich nach in kurzen Intervallen wiederholten Tetanisirungen des verlängerten Marks bei durchschnittenem Rückenmarke eine 8 Minuten lange Pause bis zur nächsten spontanen Contraction erhalten. Wenn wir das Mark in der Nähe des ersten oder zweiten oder dritten oder vierten Lendenwirbels durchschnitten hatten und die Schnittstellen während der Pause zwischen zwei Contractionen reizten, so haben wir gesehen, dass die Pause verlängert wird, dass darauf eine einfache oder doppelte verstärkte Contraction folgt, nachher die Vagina bis zu den normalen Grenzen erschlafft und dann eine längere Pause entsteht. Wenn wir aber die Elektroden an das hintere Ende des Marks anlegten, ohne das obere Ende mitzureizen, oder das Mark nach oben von dem Durchschnitte auf eine Strecke von einem Wirbel zerstörten, so zog die Reizung des Lendenmarkes bald starke und häufige Contractionen nach sich, deren Zeichnungen denen auf Curve Nr. 15 *b* (Fig. 16) ähnlich sind. Wenn wir das Rückenmark auf einer der angegebenen Höhen durchschnitten hatten und hierauf die Elektroden im Marke oberhalb des Durchschnittes anbrachten, oder nachdem wir sie angelegt hatten, das Mark unterhalb der Durchschnittsstelle zerstörten, so wurden in Folge der Reizung des vorderen Endes des Rückenmarks die Pausen zwischen den Contractionen verlängert, wie dies in Nr. 16, (Fig. 17) abgebildet ist.

Auf Grund dieser und der durch Reizung der Nervi ischiadici gewonnenen Resultate kann man sagen, dass im Lendenmarke ein Erregungscentrum, im verlängerten Marke ein Hemmungscentrum und vermuthlich auch ein Erregungscentrum für die Bewegungen der Vagina liegt.

Was die Bahnen betrifft, welche diese Centren und die automatischen Centren der Vagina vereinigen, so habe ich je einen Versuch gemacht, in welchem die Reizung der Medulla oblongata combinirt war mit Durchschneidungen der Nervi vagi, der Nervi splanchnici und einiger Zweige der sympathischen Nerven; aber ich reihe sie nicht unter die oben angeführten Ergebnisse der anderen 64 Versuche ein, weil ihre Resultate noch der Bestätigung bedürfen.

Ueber metakinetische Scheinbewegungen und über die Wahrnehmung der Bewegung.

Von

Dr. E. Budde
in Constantinopel.

---

§ 1. Hat man eine Zeit lang in ein relativ zum Auge bewegtes Gesichtsfeld geblickt und fixirt dann ein anderes gegen das Auge ruhendes Gesichtsfeld, so nimmt man in diesem während einer Anzahl von Secunden scheinbare Bewegungen wahr. Auf diese bekannte, aber nicht hinreichend erkannte Erscheinung bezieht sich die folgende Studie. Ich nenne die fraglichen Scheinbewegungen metakinetische; zur Vereinfachung des Ausdrucks sei ferner von vornherein Folgendes festgesetzt:

a) Beobachtung und Discussion sollen sich bis auf Weiteres auf Bewegungen oder Bewegungscomponenten beziehen, die zu den Sehlinien rechtwinklig stehen, die also wirkliche oder scheinbare Bildverschiebungen auf der Fläche der Netzhaut hervorbringen. Bewegungen zum Auge hin oder vom Auge weg bleiben also von der Betrachtung vorläufig ausgeschlossen.

b) Ein Gegenstand soll objectiv bewegt heissen, wenn er sich relativ zum Auge bewegt, und dabei wird vorerst vorausgesetzt, dass der Beobachter seinen Körper ruhig halte. Wir denken uns dann im Auge des Beobachters ein festes Coordinatensystem angebracht und beschreiben jede Bewegung so, wie sie relativ zu diesem Coordinatensystem stattfindet. Wenn also z. B. der Beobachter im Eisenbahnzug von Süden nach Norden fährt, so drücken wir das aus durch den Satz: der Bahndamm nebst dem umliegenden Gelände bewegt sich objectiv von Norden nach Süden. Die Geschwindigkeiten, welche dabei auftreten, sind im Grunde immer als Winkelgeschwindigkeiten gegen das Auge zu denken, können indessen der Bequemlichkeit wegen auch als Verschiebungsgeschwindigkeiten gemessen werden, da dadurch kein Missverständniss entsteht.

c) Alle im Folgenden beschriebenen Beobachtungen werden in der Weise gemacht, dass man zuerst in ein Gesichtsfeld blickt, in welchem objectiv bewegte Theile vorkommen; dies Gesichtsfeld soll ein für allemal das „erste“ heissen. Dann wendet man die Augen auf ein zweites, in der Regel ruhendes Gesichtsfeld, welches das „zweite“ genannt wird. Gegenstände im ersten Gesichtsfeld führen als Bezeichnung grosse lateinische Buchstaben A, B u. s. w. Die Stelle der Netzhaut, auf welche das Bild von A fällt, während man einen Punkt des ersten Gesichtsfeldes fixirt, heisst α u. s. w. Wenn endlich das Auge einen Punkt des zweiten Gesichtsfeldes fixirt, so heisst derjenige Punkt dieses Feldes, dessen Bild nunmehr auf α fällt, a u. s. w. a ist also der Punkt, in dem das optische Nachbild von A bei der zweiten Stellung des Auges projicirt erscheint oder erscheinen würde. A, α und a heissen „entsprechende“ Stellen, ebenso B, β, b u. s. w.

Man denke sich als zweites Gesichtsfeld eine verticale Wand benutzt, auf welche das Auge in horizontaler Haltung blickt; die Wand zerfällt dann in einen oberen und einen unteren, einen rechten und einen linken Theil. Die diesem „entsprechenden“ Theile eines beliebig orientirten Gesichtsfeldes sollen gleich ihnen benannt werden. Von zwei Punkten am Fussboden z. B., die vor dem Beobachter liegen, ist der entferntere der „obere“.

Von förderlicher Litteratur über die uns beschäftigende Erscheinung ist mir nur eine kurze Abhandlung eines deutschen Autors bekannt geworden, die ich aber leider nicht habe wiederfinden können, so dass ich sie ohne Titel und aus dem Gedächtniss citiren muss. Der Verfasser hat eine wesentliche Eigenthümlichkeit des Phaenomens richtig erkannt; sie besteht darin, dass die metakinetischen Scheinbewegungen nicht nothwendig das ganze Gesichtsfeld ergreifen, sondern auf einzelne Theile desselben beschränkt sein können; vergl. § 1 Nr. 1—3; er schliesst daraus correct, dass Bewegungen des ganzen Auges keinen Erklärungsgrund abgeben. Er bringt ferner das Phaenomen mit folgender Beobachtung in Verbindung: nachdem er aus einiger Entfernung durch das Fenster eines bewegten Eisenbahnzuges hinausgeblickt hatte, schloss er die Augen; dann erschien an der dem Fenster entsprechenden Stelle des leeren Gesichtsfeldes ein subjectiver Funkenstrom, dessen Richtung der früheren objectiven Bewegung der Felder entgegengesetzt war. Wäre das Auftreten eines solchen Funkenstromes allgemein verbreitet, so würde derselbe als Anzeichen eines besonderen Reizungszustandes der Retina sehr zu beachten sein. Ich bemerke aber gleich hier, dass ich z. B. keine Funken sehe, auch unter Umständen, wo die metakinetischen Scheinbewegungen deutlich hervortreten. Ich halte also das Auftreten derselben für eine individuelle Eigenthümlichkeit des Verfassers, an der vielleicht Reiseermüdung und Aehnliches einen Antheil haben kann. Dass die Funken aber, wenn sie einmal vorhanden sind, in der angegebenen Weise strömen,

das gehört allerdings zum Phaenomen und wird weiter unten seinen Platz finden.

§ 2. Ich darf als bekannt voraussetzen, dass metakinetische Scheinbewegungen erst dann in voller Grösse auftreten, wenn die objective Bewegung, der sie folgen, eine gewisse Zeit lang auf das Auge gewirkt hat; ferner liegt auf der Hand, dass es für ihre Wahrnehmung vortheilhaft ist, wenn die objective Bewegung, aus der sie entstehen, stationär ist, d. h. wenn dieselbe Stelle der Netzhaut längere Zeit hindurch von Bildern bestrichen wird, die alle die gleiche Geschwindigkeit haben. Wir setzen zunächst voraus, dass beide Bedingungen erfüllt seien, und beschreiben, wie sich die Erscheinung dann an den Objecten, welche der Anschauung gewöhnlich dargeboten werden, also an Flächen, darstellt.

1. Es sei ein erstes Gesichtsfeld gegeben, welches seiner ganzen beachteten Ausdehnung nach bewegt ist, z. B. das, was man sieht, wenn man aus dem Fenster eines Eisenbahnzuges in's Feld blickt. Richtet man nachher die Augen auf ein ruhendes zweites Gesichtsfeld, z. B. die Wand des Waggons, so treten in diesem metakinetische Scheinbewegungen auf. Es sieht aus, als verschöben sich die Gegenstände im zweiten Gesichtsfeld, erst schneller, dann langsamer, und zwar stets nach einer Richtung, welche der früheren objectiven Bewegung entgegengesetzt ist. (Das Gesetz, dass die metakinetische Scheinbewegung der vorhergehenden objectiven Bewegung entgegengesetzt gerichtet ist, findet sich immer, insbesondere bei den später zu erwähnenden relativ bestimmten Bewegungen, wieder; wir betonen es von jetzt ab nicht mehr besonders.)

Bei etwas genaueren Zusehen findet man, dass die scheinbare Verschiebung nicht alle Theile des zweiten Gesichtsfeldes gleichmässig ergreift. Hat man vorher das Auge auf einen Punkt nahe dem Horizont gerichtet, so war der untere Theil des ersten Gesichtsfeldes in der stärksten objectiven Bewegung begriffen. Man sieht dann im zweiten Gesichtsfeld die unteren Partien der Waggonwand schneller und weiter sich bewegen, als die oberen, und man findet bald, dass das, was man wahrnimmt, nicht sowohl eine absolute scheinbare Bewegung der ganzen Wand ist, als die relativ stärkere Bewegung ihrer unteren Partien. Dies deutet schon an, dass das relative Verhältniss der Bewegungen, welche an verschiedenen Gegenständen im ersten Gesichtsfeld stattfanden, durch die metakinetische Scheinbewegung im zweiten Gesichtsfeld der Art nach reproducirt wird. Vollkommen deutlich tritt nun diese Thatsache in folgender Beobachtung hervor:

2. Ein Theil X des ersten Gesichtsfeldes sei objectiv in Ruhe, ein anderer Y in stationärer Bewegung; die Richtung derselben bezeichnen wir

als „von links nach rechts“, einerlei, wie sie in Wirklichkeit orientirt sein mag. Man fixire einen Punkt an X, den man nahe an, am besten etwas über Y auswählt. Nachher wendet man das Auge auf ein ruhendes zweites Gesichtsfeld; der nunmehr fixirte Punkt desselben fällt nach unserer Bezeichnung in die Partie x desselben; diese erscheint ruhend, die benachbarte Partie y dagegen, welche den früheren Y entspricht, bewegt sich scheinbar von rechts nach links.

Sehr passende natürliche Objecte für diese Beobachtung sind schnell fliessende Hochgebirgsbäche. Man setzt sich, etwa 10 bis 15 Schritt vom Bach entfernt, so, dass seine Bewegung bequem in's Auge fällt, und fixirt einen Punkt seines abgewandten Ufers; nach einiger Zeit wendet man das Auge auf eine gegenüberliegende Felswand oder dergl.; dann sieht man mehr unter den fixirten Punkt der letzteren die metakinetische Scheinbewegung, welche der Bewegung des Baches entspricht: in günstigen Fällen; wenn man die Augen recht ruhig gehalten hat, entsteht ein förmliches „metakinetisches Nachbild“ des Baches. Um obige Beobachtung künstlich nachzubilden, zog ich einen Leinwandstreifen ohne Ende von 15^{cm} Höhe und $2 \cdot 5^{m}$ Gesammtlänge über zwei um verticale Axen drehbare Trommeln. Der Streifen war, damit seine Bewegung besser hervortrete, mit nuss- bis apfelgrossen schwarzen Flecken bemalt, und mitten über seinem oberen vorderen Rande, etwa 1^{cm} höher, eine Marke M angebracht. Der Beobachter setzt sich etwa 1^{m} weit vor den Apparat und fixirt M, ein Gehülfe dreht die eine Trommel, so dass der andere Theil des Streifens stationär unter der Marke vorbeirückt; die Geschwindigkeit der Drehung wird so gewählt, dass die Aufmerksamkeit den weitergleitenden Flecken noch ohne Anstrengung, unwillkürlich, folgt. Nachdem die Netzhaut genügend gereizt ist, richtet man das Auge auf ein passend gewähltes zweites Gesichtsfeld (graue Wand, kleingemusterter Teppich); man sieht dann auf diesem ein metakinetisches Nachbild des Streifens.

3. Sind im ersten Gesichtsfeld bewegte Theile vorhanden, die verschiedene oder verschieden gerichtete Geschwindigkeiten besitzen, so reproducirt die metakinetische Scheinbewegung im zweiten Gesichtsfeld annähernd die relativen Verhältnisse jene Geschwindigkeiten nach Grösse und Richtung.

Am einfachsten ist das nachzuweisen, wenn man im ersten Gesichtsfeld eine rotirende Scheibe anbringt und ihre Axe als einen ruhenden Punkt dicht oberhalb ihres Randes fixirt. Im zweiten Gesichtsfeld erscheint dann ein in der umgekehrten Richtung rotirendes metakinetisches Nachbild der Scheibe.

4. Enthält das erste Gesichtsfeld einen bewegten Theil X, dessen Bild die ganze Mitte und auch noch ein Stück vom unteren Theil des Gesichts-

feldes einnimmt, so gelingt es leicht, ja es geschieht wider Willen, dass das Auge des Beobachters sich an X haftet und die sämmtlichen vorhandenen Objecte so auffasst, als wäre X in absoluter Ruhe und alles Uebrige in derjenigen absoluten Bewegung, welche der relativen Bewegung der Objecte gegen X entspricht. So z. B., wenn man am Rande eines Stromes in's Wasser schaut, steht bald das Wasser scheinbar still und der Beobachter nebst dem Ufer fährt stromaufwärts. Ebenso, wenn man von der Landungsbrücke aus dem Anfahren eines Dampfers zusieht: wenn die Spitze des Dampfers heranrückt, sieht man die Verhältnisse, wie sie sind; wenn aber seine Mitte vor dem Beobachter vorbeigleitet, kehrt sich das Bild um: der Dampfer steht scheinbar still, und die Landungsbrücke fährt ihm entgegen. Die Erscheinung erklärt sich einfach daraus, dass das Auge sein Urtheil über die relative Bewegung der im Gesichtsfeld befindlichen Gegenstände mit der geringsten Anstrengung bildet, wenn es denjenigen als ruhend annimmt, der den grössten und den am schärfsten wahrgenommenen Theil des Feldes einnimmt. Untersucht man in diesen Fällen die metakinetischen Scheinbewegungen, so findet man, dass sie sich gerade so verhalten, als sei X wirklich in Ruhe und alles Uebrige gegen X in Bewegung gewesen. Macht man den Versuch, am Strome stehend, so wird er dadurch gestärkt, dass, wenn man die Augen vom Fluss abzieht, erst eine Periode folgt, wo man sich über die Ruhe des Sehens und des eigenen Körpers orientiren muss; deutlicher gelingt er, wenn man unter günstigen Umständen von der Landungsbrücke auf einen Dampfer springt und sofort den Boden desselben fixirt; man sieht dann die metakinetischen Scheinbewegungen, welche der früheren relativen Bewegung der Landungsbrücke entspricht.

5. Alle anstehenden Erfahrungen lassen sich, wie man leicht sieht, auf den einfachen Satz zurückführen: sind zwei Theile X und Y des ersten Gesichtsfeldes in relativer Bewegung gegen einander, so zeigen die entsprechenden Theile x und y des zweiten Gesichtsfeldes die entsprechende relative Scheinbewegung. Man kann nun die Frage aufwerfen, wie es sich mit der metakinetischen Scheinbewegung verhält, wenn das ganze erste Gesichtsfeld, so weit es beachtet wird, in gleichmässiger objectiver Bewegung begriffen ist. Um dieselbe zu beantworten, construirte ich aus geflecktem Papier einen grossen Cylinder von 2^m Durchmesser und 1.5^m Höhe. Derselbe wurde an der Decke eines Zimmers aufgehängt und gedreht, während ich mich mitten hinein setzte und versuchte, die ruhig gehaltenen Augen zu stetiger Beachtung derjenigen Partie zu zwingen, welche gerade an mir vorüberglitt. Das regelmässige Ergebniss war nicht eine Beobachtung, sondern schnell wachsender Schwindel, der beim Ver-

such, das Experiment durchzusetzen, und zu völliger Unfähigkeit des Beobachters führte. Ich bemerke dazu, dass meine Widerstandsfähigkeit gegen Drehschwindel auf Grund einer früheren Erkrankung sehr herabgesetzt ist; vielleicht kann ein Anderer in dem angegebenen Fall zu bestimmten Resultaten gelangen. Für die in der Praxis vorkommenden Beobachtungen von objectiver Bewegung und Scheinbewegung ist das negative Ergebniss dieses Versuches ohne Belang; denn da sind im Gesichtsfeld immer objectiv ruhende Theile vorhanden, die wir als Anhaltspunkte für die Wahrnehmungen benutzen.

6. Die Wahrnehmung der metakinetischen Scheinbewegung wird erleichtert, wenn die bewegten Theile des ersten Gesichtsfeldes deutlich verfolgbare Einzelheiten enthalten; ebenso, wenn das zweite Gesichtsfeld unterscheidbare Einzelheiten enthält, die bequem in's Auge fallen. Das ist selbstverständlich, weil die Einzelheiten die Beobachtung der Bewegung überhaupt erst möglich machen. Eine individuell stark hervorstehende Figur im zweiten Gesichtsfeld erschwert die Beobachtung im Allgemeinen, weil sie die Aufmerksamkeit und auch die Augenaxen auf sich zieht.

7. Es ist gleichgültig, ob das zweite Gesichtsfeld dem Auge näher oder weniger nahe liegt, als das erste. Ebenso, ob man binocular oder monocular beobachtet. Beschaut man aber das erste Gesichtsfeld mit dem rechten, das zweite mit dem linken Auge, so tritt keine metakinetische Scheinbewegung auf. Beschaut man das erste mit einem, das zweite mit beiden Augen, so tritt die Scheinbewegung in der Regel deutlich auf.

8. Metakinetische Scheinbewegungen werden in allen Theilen des Gesichtsfeldes wahrgenommen, am leichtesten aber namentlich von Ungeübten in der Nähe des fixirten Punktes und unterhalb desselben. Leicht auf Dampfer und Eisenbahn zu verificiren. Die Erklärung dieser Thatsache liegt offenbar darin, dass wir mit den entsprechenden Theilen der Netzhaut die Bewegung überhaupt am leichtesten wahrnehmen. Wir sind durch unseren aufrechten Gang darauf angewiesen und eingeübt, den unteren Theil des Gesichtsfeldes, der ja auch grösser ist als der obere, besonders zu beachten.

9. Wenn die objective Bewegung im ersten Gesichtsfelde von kleinen Geschwindigkeitswerthen zu grösseren übergeht, so steigt anfangs auch die Stärke der metakinetischen Scheinbewegungen. Dies erreicht indessen eine Grenze, wenn die objective Bewegung so schnell wird, dass das Auge sie nicht mehr gut von den einzelnen bewegten Objecten verfolgen kann; geht ihre Geschwindigkeit so weit, dass die einzelnen Objecte undeutlich werden und endlich ganz verschwinden, so wird auch die metakinetische Schein-

bewegung undeutlich und hört schliesslich auf. Wird der in 3 erwähnte Streifen so schnell bewegt, dass die Flecken desselben für's Auge ganz ineinander fliessen, so liefert er kein metakinetisches Nachbild mehr. Ebenso ein Farbenkreisel. Wird eine gefleckte Scheibe mit der Hand immer schneller gedreht, so glaube ich deutlich wahrzunehmen, dass der Radius immer kleiner wird, offenbar, weil die rascher bewegten Randtheile der Scheibe keine Scheinbewegung mehr hervorrufen.

10. Ich sehe die metakinetischen Scheinbewegungen bei jeder Accommodation des Auges, am leichtesten aber und mit klarster Wiedergabe der Verhältnisse im ersten Gesichtsfelde, wenn die beachteten Theile des letzteren so weit entfernt sind, dass sie bei nahe paralleler Stellung der Augenaxen deutlich gesehen werden können. Das liegt wohl daran, dass meine (leicht asthenopischen) Augen in der Stellung am leichtesten ruhend die Vorgänge im indirecten Sehen beachten. Das „gedankenlose Hinabstarren“ des Beobachters in das erste Gesichtsfeld ist dementsprechend der Beobachtung günstig.

11. Die Natur des zweiten Gesichtsfeldes hat keinen directen Einfluss auf die Erscheinung. Was immer in demselben vorhanden ist, wird von der metakinetischen Scheinbewegung ergriffen. Dies gilt auch dann, wenn man als zweites Gesichtsfeld die geschlossenen Augen wählt, wenn man also in diesem bloss subjective Gebilde vor sich hat. Schuppige Differenzen im Licht des Augengrundes, Perlfiguren, subjective Fünkchen nehmen an der Scheinbewegung theil, wenn sie rechtzeitig im Gebiet derselben vorhanden sind. Hiermit ist die Strömung der Funken, welche der im Eingang erwähnte Beobachter wahrgenommen hat, unter einem allgemeineren Gesichtspunkt gebracht.

12. Wir haben bisher vorausgesetzt, dass die Betrachtung im ersten Gesichtsfelde lange genug gedauert habe, um den Reiz vollständig hervorzurufen, welcher die spätere Scheinbewegung begründet. Ist das nicht der Fall, kürzt man die Dauer der Reize ab, so wird die metakinetische Scheinbewegung schwächer; doch genügen schon wenige (bis 3) Secunden, um einen recht merklichen Antheil derselben hervortreten zu lassen. Näheres im folgenden Paragraphen.

13. Wir haben ferner vorausgesetzt, dass die objective Bewegung im ersten Gesichtsfelde stationär sei. Die eben gefundene Thatsache, dass schon eine Reizzeit von wenigen Secunden genügt, um die scheinbare Nachbewegung hervorzurufen, lässt erwarten, dass man auch diese Bedingungen fallen lassen kann. Zur Hervorrufung der Scheinbewegung genügt es in der That, dass ein vorübergleitendes Object nur kurze Zeit einen bestimmten

Theil der Netzhaut in stationärem Vorübergleiten passirt: hinter einem vorüberfahrenden Wagen sehe ich die Pflastersteine in scheinbarer Bewegung. Ein rasch vorübergehender Mensch, aus der Höhe von 10^{m} angesehen, genügt nicht mehr, um die Erscheinung deutlich hervorzurufen; sein Bild bestreicht die Theile der Netzhaut zu kurze Zeit.

14. Wir haben endlich vorausgesetzt, dass das Auge bei der Beobachtung im ersten Gesichtsfeld entweder ganz ruhig gehalten werde, oder sich relativ ruhend an einen grossen, langsam bewegten Gegenstand hefte. Das ist in der That diejenige Haltung, bei der die Bewegungsverhältnisse im ersten Gesichtsfeld deutlich und stationär hervortreten. Das Auge hat aber die Neigung, namentlich bei schnellen Bewegungen, z. B. in der Eisenbahn bei Beobachtung der näher liegenden Felder, seine Axe an einzelne bewegte Gegenstände zu heften, einem derselben zu folgen, dann zu einem zweiten abzuspringen, diesen zu verfolgen u. s. w. Lässt man ihm die Freiheit, das zu thun, so wird die metakinetische Scheinbewegung erst unterdrückt, bekommt aber einen tumultuarischen, schwer im Einzelnen zu verfolgenden Charakter; das entspricht offenbar der mannigfachen Bewegungen relativ zum Auge, welche bei dieser Operation mit wechselnder Deutlichkeit wahrgenommen werden.

15. Zuletzt lassen wir noch die Voraussetzung fallen, dass die beobachteten Bewegungen die Sehlinien rechtwinklig schneiden. Dann kann man alle vorkommenden Bewegungen in Componenten zerlegen, von denen die eine senkrecht zu den Sehlinien steht, die andere in die Richtung der Sehlinien fällt. Die Componenten der ersten Art wollen wir tangentiale, die der zweiten Art radiale nennen. Begiebt sich nun ein Beobachter an das hintere Ende eines Schiffes und schaut über das Kielwasser hinweg, so hat für ihn die Bewegung dieses Kielwassers eine erhebliche radiale Componente. Tritt er dann zurück und beschaut als zweites Gesichtsfeld den Fussboden, so hat die auf diesem eintretende metakinetische Scheinbewegung gleichfalls eine entsprechende radiale Componente. Ich kann nun nicht wahrnehmen, dass bei dem Versuch die metakinetische Scheinbewegung jemals von dem abweicht, was man sieht, wenn man rein tangentielle Bewegungen beobachtet, schliesse also, dass die radialen Componenten der Bewegung sich, was metakinetische Scheinwirkung anlangt, gerade so verhalten wie die tangentialen. Daraus folgt, dass auch eine rein radiale Bewegung dasselbe thun würde. Praktisch ist eine solche natürlich nicht stationär herzustellen.

§ 3. Das bisher Gesagte beschreibt unsere Erscheinung, wie sie sich an Flächen darstellt; um ihr näher auf den Grund zu gehen, reduciren

wir nun die Beobachtung im zweiten Gesichtsfeld auf den Anblick zweier Punkte. Ich fand Dampfschifffahrten auf ruhiger See oder grossen Flüssen, mit gut sichtbarem Ufer im Hintergrunde, am besten zur Untersuchung geeignet und habe solche hauptsächlich benutzt. Der Beobachter setzt sich so, dass er senkrecht zur Axe des Schiffes über den Rand desselben hinwegschaut, wo er dann das objectiv (wir sagen „von links nach rechts“) bewegte Wasser und drüber das ruhende Ufer vor sich hat. Der beachtete Punkt des Ufers heisse A, die Mitte des beachteten Wasserstreifens sei B. Er hat im voraus an Bord zwei objectiv ruhende Punkte a und b markirt, welche den Punkten A und B entsprechen. Er richtet die Augen auf A, lässt sie lange genug reizen, wendet dann den Blick schnell vom Ufer auf das Schiff und fixirt a, beachtet aber dabei das Verhalten von b. Dann erscheint b in Bewegung von rechts nach links, anfangs schneller, dann langsamer, bis es nach einiger Zeit zur Ruhe kommt. Seine Bewegung sinkt so langsam unter die Schwelle der Wahrnehmung, dass sich kein bestimmter Zeitpunkt für den Uebergang in Ruhe angeben lässt. Ist die scheinbare Ruhe einmal erreicht, so bleibt sie bestehen, wenn keine neue Reizung durch objective Bewegung dazwischen tritt.

Die scheinbare Lage, welche b schliesslich relativ zu a einnimmt, ist also die definitive und normale; wir wollen sie mit D_b bezeichnen. In diese Lage gelangt aber b erst durch eine Bewegung von rechts nach links, also hat es vorher eine scheinbare Lage P_b eingenommen, die um eine Grösse s nach rechts von D_b abstand. Dies s nennen wir die „metakinetische Verschiebung“ von b zur Zeit t. Als Nullpunkt der Zeit t wollen wir denjenigen Augenblick rechnen, in welchem das Auge von dem ersten Gesichtsfeld abgewendet wird; in diesem Moment hat offenbar s seinen grössten Werth s_0; mit der Zunahme von t nimmt s fortwährend ab, und diese Abnahme der metakinetischen Verschiebung ist die metakinetische Scheinbewegung von b. Die Existenz der metakinetischen Verschiebung ist also das Grundphaenomen der uns beschäftigenden Erscheinung. Die Verschiebung hat die gleiche Richtung, welche vorher die objective Bewegung im ersten Gesichtsfelde besass; die metakinetische Scheinbewegung hat also die entgegengesetzte Richtung.

Bei der im Vorstehenden beschriebenen Beobachtung tritt nun sehr häufig eine lehrreiche kleine Störung ein. Führt man sie nämlich vorschriftsmässig aus, so sieht man in den ersten Secunden der Zeit t die metakinetische Scheinbewegung stets so verlaufen, wie sie oben angezeigt wurde: a ist in Ruhe und b rückt scheinbar von rechts nach links fort. Nach einiger Zeit aber verliert die ermüdete Aufmerksamkeit sehr häufig das Bewusstsein, dass a der ruhende und b der bewegte Punkt ist; sie kehrt dann das Phaenomen um (NB. bei gut festgehaltener Fixirung von a):

b scheint still zu stehen und *a* sich von links nach rechts zu bewegen. Dabei setzt aber *a*, soweit sich's beurtheilen lässt, die Scheinbewegung von *b* mit derselben Geschwindigkeit fort, die *b* haben würde, wenn *a* in Ruhe geblieben wäre. Also: die relative Scheinbewegung von *b* gegen *a* bleibt bei der Umkehrung, welche in der Auswahl des ruhend gesehenen Punktes eintritt, unverändert. Hiernach kann von dem in §. 2 Nr. 1 aufgestellten Gesetz, wenn man es auf die absolute Scheinbewegung bezieht, eine Ausnahme eintreten: die metakinetische Scheinbewegung kann, was ihre absolute Richtung angeht, mit der absoluten Richtung der objectiven Bewegung im ersten Gesichtsfelde übereinstimmen; dann aber ergreift sie nicht die Theile, welche den objectiv bewegten Partien des ersten Gesichtsfeldes entsprechen, sondern die, welche den objectiv ruhenden entsprechen. Relativ ist die scheinbare Bewegung von *b* gegen *a* immer entgegengesetzt der objectiven Bewegung von *B* gegen *A*. Dadurch charakterisirt sich die metakinetische Scheinbewegung als eine Erscheinung, die sich wesentlich auf die relativen Bewegungen im ersten, Lagen im zweiten Gesichtsfelde bezieht. Es ist leicht, die Umkehrung der Auswahl des fest gesehenen Punktes zu erklären, das würde aber eine längere, an dieser Stelle störende Digression nöthig machen; wir begnügen uns damit, darauf hinzuweisen, dass sie das wesentliche der metakinetischen Scheinbewegung, die relative Scheinbewegung von *b* gegen *a*, nicht afficirt.

Der Ausdruck des Grundphaenomens der metakinetischen Scheinbewegung wird nun folgender. Im ersten Gesichtsfeld seien zwei Partien *A* und *B* gegeben, die eine relative Bewegung gegeneinander besitzen; *B* habe gegen *A* die relative Winkelgeschwindigkeit φ in Bezug auf den Mittelpunkt des Auges. Dann sagen wir: die Partie β der Netzhaut wird gegen α „kinetisch gereizt", und wir nennen die Richtung von φ die „Reizrichtung". Und wir haben nun den Satz: „Fallen die Bilder zweier ruhenden Punkte *a* und *b* auf zwei Theile der Netzhaut α und β, von denen β gegen α kinetisch gereizt ist, so ertheilt β dem Punkt *b* eine metakinetische Schein-Verschiebung gegen *a*, deren Richtung mit der Reizrichtung übereinstimmt. Die scheinbare Verschiebung nimmt mit der Zeit ab, und ihre Abnahme ist die metakinetische Scheinbewegung des Punktes *b*."

Dieser Satz enthält den Kern des Phaenomens; wendet man ihn auf den Fall an, wo im ersten Gesichtsfeld beliebig bewegte Flächen vorhanden sind, so erhält man, wie sofort einleuchtet, die Erscheinungen, welche in §. 2 Nr. 1 bis 4 beschrieben wurden. Die Anwendung bedarf nur einer besonderen Untersuchung über die Vorgänge, welche unmittelbar an der Grenze stattfinden, wo ein kinetisch gereiztes Gebiet an ein anderes stösst; dieselbe wird weiter unten vorgenommen.

Zunächst sieht man, dass es für die Ermittelung der quantitativen

Eigenthümlichkeiten der metakinetischen Scheinbewegung genügt, die quantitativen Eigenschaften der metakinetischen Verschiebung festzustellen. Da ist nun von vorn herein zu bemerken, dass die Untersuchung äusserst schwierig und ungenau ist. Eine objective Messung kann natürlich im zweiten Gesichtsfelde nie stattfinden, da jeder hineingebrachte Maassstab an der Bewegung daselbst Theil nehmen würde. Man hat also nur das Mittel, dem Gedächtniss die Grösse der Maasseinheit (1^{cm}) oder die der gesehenen Verschiebung einzuprägen und dann subjectiv zu schätzen, wie sich die gerade vorhandene scheinbare Verschiebung zu jener Einheit verhält oder die gesehene Verschiebung an einem Stäbchen zu reproduciren und dann zu messen. Das wird um so schwieriger, da man keinen ruhenden Nullpunkt hat, an dem sich die Schätzung anlehnen könnte; denn der Nullpunkt, auf welchen die metakinetische Verschiebung sich bezieht, ist die normale scheinbare Lage von b, und die wird erst zu Ende der Beobachtung erreicht; die langsame Abnahme der scheinbaren Bewegung, welche in den letzten Stadien der Erscheinung vorhanden ist, erschwert dabei noch das Urtheil, ob b zur Ruhe gekommen ist oder nicht. Von vorn herein sind also nicht genaue Zahlenangaben zu erwarten.

1) Zur Zeit Null sei die metakinetische Verschiebung s_0 vorhanden. Wendet man das Auge recht schnell auf das zweite Gesichtsfeld, so kann die Beobachtung etwa zur Zeit $t = 0 \cdot 5$ Sec. beginnen. Man sieht dann den Punkt b in rascher Bewegung nach links, die allmählig langsamer wird und schliesslich unmerklich in Ruhe übergeht. Der Gesammtbetrag der Verschiebung, welche b in der ganzen Zeit durchmacht, also der Werth von s_0, kann in günstigen Fällen 2^{cm} bei 1^{m} Abstand des zweiten Gesichtsfeldes erreichen, vielleicht auch noch übersteigen. Will man auf dem Meere so grosse Werthe von s_0 erzielen, so muss man A am Ufer, B mehr am Schiffe, also b ziemlich weit von a wählen. Dann ist aber die genauere Beachtung von b im indirecten Sehen erschwert, und es ist deshalb vortheilhafter, sich mit kleineren Werthen von s_0 zu begnügen: 8 bis 10 Millimeter sind leicht zu erreichen, wenn das zweite Gesichtsfeld 120 bis 140^{cm} weit vom Auge entfernt ist (Abstand des Fussbodens an der Stelle b vom Auge des Sitzenden). Man sieht nun deutlich, dass sowohl die scheinbare Geschwindigkeit wie ihr erster Differentialcoëfficient, also die scheinbare Beschleunigung, von b in beständiger Abnahme des absoluten Werthes begriffen sind. Die Annäherung an die Ruhelage erfolgt, soweit es sich beurtheilen lässt, asymptotisch, und wir schätzen, dass die Ruhelage erreicht ist, wenn die Geschwindigkeit unter die Schwelle der Wahrnehmbarkeit sinkt. Die einfachste Formel, welche diese Eigenschaften der Scheinbewegung ausdrücken kann, ist

(1) $$s = s_0 e^{-kt}$$

wo k eine Constante. Sie soll zunächst nur einen ungefähren Anhalt für den äusseren Verlauf der Erscheinung bieten; doch lässt sich ihr auch a priori eine gewisse Wahrscheinlichkeit zusprechen. Denn die metakinetische Verschiebung ist offenbar die Folge eines einmal gesetzten Reizes, der eine falsche Schätzung der Lage von b hervorruft. Ihre Abnahme, also die metakinetische Scheinbewegung, ist eine im Laufe der Zeit t eintretende Correctur des Schätzungsfehlers. Es ist nun von vorn herein am wahrscheinlichsten, dass die Geschwindigkeit, womit diese Correctur erfolgt, um so grösser ist, je grösser der gerade vorhandene Schätzungsfehler, also dass $-\frac{ds}{dt} = ks$. Gl. (1) ist also das Integral dieser Formel.

2) Unter den im Eingang des Paragraphen angegebenen Umständen fixire man das Ufer A und beachte, so weit es angeht, die ganze bewegte Wasserfläche B; dann fixire man a im zweiten Gesichtsfelde. Die Partie unterhalb a, welche dem B entspricht, erscheint einige Secunden lang in Kreisdrehung um a. Ich glaube ziemlich sicher wahrzunehmen, dass diese Kreisdrehung in den Partien, die von a um weniger als 8 bis 10 Grad abstehen, recht regelmässig ist und die einzelnen Theile der betreffenden Partie um gleiche Centriwinkel gegen a vorschiebt. Daraus folgt mit derjenigen Annäherung, welche die Beobachtung überhaupt zulässt, dass s_0 für die verschiedenen Theile des Gesichtsfeldes der Winkel-Geschwindigkeit φ der objectiven Bewegung proportional ist.

In Partien, die weiter, als eben angegeben wurde, von a entfernt sind, wird die Wahrnehmung zu undeutlich, als dass sich etwas Bestimmtes aussagen liesse. Ueberschreitet die Geschwindigkeit der objectiven Bewegung im ersten Gesichtsfelde die Grenze, unterhalb deren die einzelnen Objecte daselbst noch deutlich wahrgenommen werden, so hört die Proportionalität auf; s_0 bleibt hinter derselben zurück, entsprechend §. 2 Nr. 9. Ferner, wenn im ersten Gesichtsfeld zwei Objecte, von denen eins ruhend, das andere bewegt ist, mit scharfer Grenze aneinander stossen (z. B. das bewegte Wasser an den ruhenden Schiffsrand), so stösst im metakinetischen Nachbilde an der entsprechenden Grenze das scheinbar bewegte Gebiet nicht scharf abgesetzt an das ruhende, es scheint aber ein continuirlicher Uebergang von der Ruhe zur Bewegung stattzufinden; daraus folgt, dass an den Rändern metakinetisch bewegter Gebiete die Proportionalität von s_0 mit φ nicht mehr stattfindet.

Der Satz „s_0 ist proportional mit φ“ drückt also annähernd das aus, was in den mittleren Theilen scheinbewegter Gebiete wahrgenommen wird, wenn sie nicht allzuweit vom fixirten Punkt abstehen, und wenn φ die Deutlichkeitsgrenze nicht überschreitet; er erleidet eine Ausnahme im Sinne

der Verkleinerung von s_0 in der Nähe der Ränder, wenn ein bewegtes Gebiet an ein ruhendes stösst, und es kann nicht deutlich kritisch beurtheilt werden, wenn die bewegten Theile zu weit vom fixirten Punkt abstehen.

3. Ich habe mich bemüht, den absoluten Betrag von s_0 für specielle, der Beobachtung günstige Fälle zu bestimmen. Für die besten Ergebnisse halte ich diejenigen, die auf einer kleinen Yacht im Bosporus gewonnen wurden, wo ich die nöthigen Einrichtungen für Fixirung des Kopfes, Visirlinien und Entfernungsbestimmungen treffen konnte.

Der Beobachter sitzt, wie früher angegeben; als Marke zum Fixiren im ersten Gesichtsfeld dient ein am Schiffsende angebrachter Galgen, unter dem ein breiter Streifen des bewegten Wassers sichtbar wird. *a* und *b* sind zwei auf Deck angebrachte schwarze Punkte, senkrecht untereinander, 12^{cm} von einander und 120^{cm} vom Auge entfernt.

Abstand der beachteten Wassertheile vom Auge, berechnet aus der Lage der Visirlinie, 9.7 Meter.

Geschwindigkeit des Schiffes 4·2 Meter/Secunde.

Scheinbare Verschiebung von *b* aus 10 Versuchen $0{\cdot}8^{cm}$.

Diese Schätzung gilt für den Fall, wo der Beobachter etwa $^2/_3$ Secunde verwendet, um die Punkte *a* und *b* fest in's Auge zu fassen, also hier die Zeit $t = 0.67$. Für $t = 0$ wird der Werth von s_0 etwas grösser sein; nach dem Eindrucke, den die Schnelligkeit der Scheinbewegung in den ersten Momenten macht, schätze ich den dadurch begangenen Fehler auf 1^{mm} oder etwas mehr. In runder Summe wird also s_0 gleich etwas unter 1^{cm} zu sehen sein, wobei der wahrscheinliche Fehler der Schätzung 2 bis 3^{mm} betragen mag; für grössere Genauigkeit möchte ich mich trotz der erlangten Uebung nicht verbürgen. Es hat keinen Zweck, die Einzelschätzungen zur Bestimmung des wahrscheinlichen Fehlers heranzuziehen; denn dieselben haben einen systematischen Fehler: man schätzt s_0 anfangs zu klein, und die ersten Schätzungen prägen sich dem Gedächtniss so ein, dass die folgenden sich unwillkürlich an sie anlehnen; nach einiger Zeit wird die Schätzung constant, und diesen constanten Werth der 6 letzten Beobachtungen stellt die obige Grösse von 8^{mm} dar.

Es ergiebt sich also aus dem Obigen für mein Auge folgendes Paar von zusammengehörigen Werthen:

Winkelgeschwindigkeit φ des stationär bewegten Objects im ersten Gesichtsfelde gegen das Auge, wenn der Winkel in Theilen des Radius gemessen wird, $\frac{4{\cdot}2}{9{\cdot}7} = 0.43$.

Entsprechende metakinetische Verschiebung nahe $\frac{1}{120} = 0{\cdot}008$.

4. Wegen der asymptotischen Annäherung von b an die Ruhe lässt sich nicht genau angeben, wie lange die metakinetische Scheinbewegung dauert. Unter den Umständen des in Nr. 3 beschriebenen Versuches scheint mir, 1) dass s in etwa 3 Secunden auf die Hälfte seines jeweiligen Werthes herabsinkt; 2) dass die letzten Reste der Bewegung noch nach etwa 12 bis 15 Secunden wahrgenommen werden können. Nehme ich als zweites Gesichtsfeld das geschlossene Auge, so sehe ich die Scheinbewegung an den subjectiven Gebilden desselben noch etwas länger, unter günstigen Verhältnissen bis über 20 Secunden. Dies rührt wohl theilweise davon her, dass die Beobachtung bei geschlossenem Auge die ungestörteste von allen ist, anderntheils aber findet sich in § 4 eine weitere Erklärung dafür.

Aus der Angabe, dass s in 3 Secunden auf die Hälfte sinkt, berechnet sich das k der Gleichung (1) zu $k = \frac{\log \text{nat} \, 2}{3} = 0 \cdot 23$, eine Zahl, der natürlich die ganze Unsicherheit anhängt, welche Gleichung (1) und die Zahl von 3 Secunden trifft.

5. s_0 hängt von der „Reizungszeit" τ ab, d. i. von der Zeit, die man zum Anschauen der objectiven Bewegung im ersten Gesichtsfelde verwandt hat. Man kann mit Sicherheit beobachten, dass der grösste Theil der metakinetischen Anfangsverschiebung in den ersten Secunden der Reizungszeit gebildet wird. Schaut man das erste Gesichtsfeld nur so lange an, dass das Auge dazu gelangt, ruhend die herrschende Bewegung zu übersehen ($^1/_2$ bis $1^1/_2$ Secunde), so ist schon unmittelbar nachher ein merklicher Werth von s_0 vorhanden; nach 3 Secunden ist die metakinetische Scheinbewegung ganz deutlich, und nach 6 bis 8 Secunden ist sie so weit entwickelt, dass ich es schwierig finde, die bei längerem Reiz noch hinzutretenden Incremente von s_0 wahrzunehmen. Für die Deutung dieser Angabe kommt uns die Bemerkung zu Hülfe, dass das Gesetz, nach welchem das Auge sich eine falsche Schätzung aneignet, sehr wahrscheinlich dasselbe sein wird, wie dasjenige, nach dem es sich später die falsche Schätzung wieder abgewöhnt. Also wird s_0 als Function von τ gerade so zunehmen, wie es als Function von t abnimmt. Bezeichnen wir mit S den Maximalwerth, den s_0 bei einer gegebenen objectiven Bewegung annehmen würde, wenn man das Auge unbegrenzt lange reizen liesse, so wäre hiernach die *a priori* wahrscheinliche Gleichung für s_0

$$s_0 = S - S e^{-\varkappa\tau} \qquad (2$$

Damit stimmen die vorstehenden Angaben der Art nach überein.

6. Wir wenden uns noch einen Augenblick zu dem, was an den Rändern scheinbewegter Gebiete vor sich geht. Dort ist, wie gesagt, die

Grenze zwischen bewegtem und unbewegtem Gebiet im zweiten Gesichtsfeld unscharf, und das deutet darauf, dass s_0 an den Rändern kleinere Werthe annimmt, als in einiger Entfernung von denselben; deshalb verlangsamt sich an den Rändern der bewegten Gebiete die metakinetische Scheinbewegung, so dass der Uebergang zum ruhenden Gebiet continuirlich wird. Ueberdies findet am Rande eines scheinbewegten Gebietes noch ein besonders störender Umstand statt, nämlich ein Conflict zwischen der Scheinbewegung und der bereits vorhandenen Kenntniss, dass die Gegenstände des zweiten Gesichtsfeldes dort ruhen und continuirlich zusammenhängen. Wenn das Auge sich dem zweiten Gesichtsfeld zuwendet, um dort den Fixirungspunkt a aufzusuchen, so kann es nicht umhin, die Umgebung dieses Punktes gewissermaassen zu betrachten, und wenigstens von einer Seite her zu der bewussten Kenntniss, die wir schon vorher von der Ruhe des Gesichtsfeldes haben, auch noch die unbewusste Erfahrung hinzuzufügen, dass in der Nähe von a continuirliche Ruhe vorhanden ist. Wird diese Wahrnehmung durch die Configuration des zweiten Gesichtsfeldes stark unterstützt, so kann sie so sehr überwiegen, dass die ganze Erscheinung der metakinetischen Nachwirkung unsicher wird. Z. B. man bringe im ersten Gesichtsfeld eine rotirende Scheibe an. Im zweiten Gesichtsfeld tritt ihr metakinetisches Nachbild immer mit undeutlichem Rande auf. Nun nehme man aber als zweites Gesichtsfeld eine verticale graue Wand und ziehe über dieselbe einen kräftigen, geraden, verticalen Strich, der beiderseits bis an die Grenzen des Gesichtsfeldes reicht. Dann müsste derselbe zur Zeit $t = 0$, wenn der obere Theil der Scheibe sich vorher von links nach rechts gedreht hat, so verbogen erscheinen, wie Fig. 1 es in übertriebenem Maasse darstellt. Ich kann nun nicht bloss diese Verbiegung nicht deutlich wahrnehmen, sondern finde, dass die ganze Wahrnehmung der Scheinbewegung durch den Strich gestört und unsicher wird. Lasse ich aber den Strich mitten im Gesichtsfelde, etwa bei der mit k bezeichneten Stelle, endigen und führe die Augen von oben auf ihn hin, so sehe ich ihn sich in der angegebenen Art verbiegen, offenbar, weil dann die Kenntniss von seiner Geradlinigkeit sich dem Auge nicht von vornherein so sicher einprägt, als wenn er nach oben fortgesetzt ist.

Fig. 1.

Schmale bewegte Streifen im ersten Gesichtsfeld liefern die metakinetische Scheinbewegung weniger deutlich als breite, offenbar, weil sie nur aus Randgebiet bestehen.

7. Wir nehmen endlich an, das zweite Gesichtsfeld sei nicht in Ruhe, sondern selbst in langsamer Bewegung begriffen. Dann kann man beob-

achten, dass die metakinetische Verschiebung und Scheinbewegung bestehen bleibt und sich der realen Bewegung superponirt. Das Quantitative der Erscheinung lässt sich aber dann nicht mehr verfolgen. Vielleicht würde das gelingen, wenn man als zweites Gesichtsfeld grosse, sehr regelmässig und langsam bewegte Streifen benutzte; mir standen keine solche zur Verfügung.

§ 4. Es fragt sich nun, ob die im vorigen Paragraphen beschriebene Grunderscheinung, die metakinetische Verschiebung, noch weiter erklärt, d. h. auf physiologische oder psychologische Abweichungen vom Normalzustande zurückgeführt werden kann. Da lassen sich zwei principiell verschiedene Annahmen zur Lösung des Problems heranziehen:

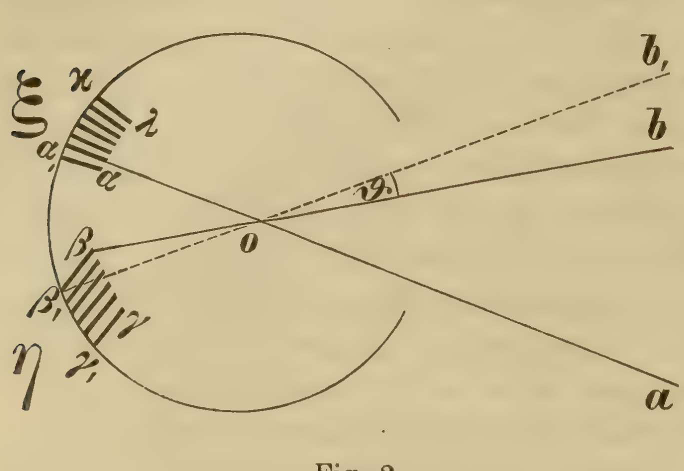


Fig. 2.

I. Der Kreis (Fig. 2) sei irgend ein Meridianschnitt des Auges, 0 sein optischer Mittelpunkt. ξ und η seien zwei Partien der Netzhaut, deren Endorgane, Stäbchen oder Zapfen durch die Linien $\varkappa\lambda$, $\alpha\alpha$ u. s. w. in übertriebener Grösse dargestellt werden.

In der Partie ξ sollen diese Organe ihre normale Stellung haben, in η dagegen sollen ihre empfindenden Theile so verschoben sein, dass die Richtung der Verschiebung für einen von aussen in das Auge schauenden Beobachter von links nach rechts geht. Um das in der Zeichnung bequem schematisch ausdrücken zu können, nehmen wir an, die Punkte β, γ etc. seien die empfindenden Niveaux der Endorgane, und wir drücken ihre Verschiebung gegen den Platz β, γ, an dem sie normaler Weise ihre Empfindung dem Nerven übermitteln, durch Schiefstellung der Linien $\beta_1 b$ u. s. w. aus. Fällt nun von aussen das Bild eines Punktes a in die Partie ξ, so wird der in α gefühlte Reiz in α_1 abgeliefert und seine Ursache wird in die Verlängerung der Linie $\alpha_1 \alpha 0$, nach a verlegt. Fällt aber das Bild eines anderen Punktes b nach β, so wird der dadurch entstandene Reiz an β_1 und an die Nervenfasern abgeliefert. Nehmen wir an, dass die Schlüsse der Centralorgane durch vorangegangene Beobachtungen nicht gestört sind, so halten sich diese Schlüsse einfach an die Thatsache, dass der Reiz von β_1 aus angemeldet wird. Sie sind gewohnt, jeden Reiz, der von β_1 aus ankommt, so zu localisiren, als ob das Endorgan $\beta_1\beta$ gerade stände, suchen also die Ursache eines jeden von β_1 aus gemeldeten Empfindungsreizes auf der Verlängerung der geraden Linie $\beta_1 0$; d. h. sie verlegen diese

Ursache nach b_1 statt nach b. Wir sehen also den Punkt b unter den angegebenen Bedingungen um den Gesichtswinkel ϑ nach links verschoben.

Die metakinetische Scheinverschiebung kann also physiologisch erklärt werden durch die Hypothese: Ist eine Partie η der Netzhaut kinetisch gereizt, so sind in ihr die Endorgane verschoben, und zwar in derjenigen Richtung, die für einen von aussen in das Auge schauenden Beobachter die der Reizrichtung entgegengesetzte Benennung führt. Um das quantitative Verhalten der metakinetischen Verschiebung zu erklären, muss man die Nebenannahme machen, dass die Verschiebung der Endorgane den in § 3 aufgestellten Gesetzen für s_0 und s gehorcht. Da die metakinetische Scheinbewegung auch für radiale Bewegungen gerade so eintritt, wie für tangentiale, und da radiale Bewegungen aus der stereoskopischen Deutung kleiner lateraler Verschiebungsdifferenzen erkannt werden, so folgt, dass die quantitativen Gesetze der Netzhautverschiebungen für sehr kleine Bewegungsgrössen noch scharf gültig sein müssen, insbesondere das Gesetz, dass die metakinetische Verschiebung der vorangegangenen objectiven Geschwindigkeit proportional ist; denn sonst wären die radialen Scheinbewegungen nicht den tangentialen gleichartig. Die Randerscheinungen würden sich daraus erklären, dass an den Rändern eines kinetisch gereizten Gebietes die Continuität der Netzhautmosaik aufrecht erhalten werden muss, wenn nicht einerseits eine klaffende Trennung, andererseits eine Quetschung der Endorgane eintreten soll. Die Grösse der Verschiebung, welche die Endorgane erleiden, muss offenbar dem an der betreffenden Stelle vorhandenen Gesichtswinkel ϑ der metakinetischen Scheinverschiebung entsprechen. Die Scheinbewegung entsteht selbstverständlich dadurch, dass die verschobenen Endorgane wieder an ihren normalen Platz zurückkehren.

Die gegebene Erklärung lässt sich hiernach so ausführen, dass sie die Erfahrung leidlich gut wiedergiebt. Aber sie unterliegt offenbar dem Einwurf, dass sich nicht angeben lässt, wie die Verschiebung der Netzhauttheile zu Stande kommen soll; wir kennen keinen Mechanismus, der sie bewerkstelligen könnte, und können auch einstweilen keinen Zweckmässigkeitsgrund für einen solchen Mechanismus angeben. Ferner kann der Gesichtswinkel ϑ auf einen ganzen Grad ansteigen (vergl. § 3), die absolute Verschiebung der Endorgane müsste also nahe $0 \cdot 2^{\text{mm}}$ erreichen können, ein unwahrscheinlich grosser Betrag. Endlich ist die Frage, ob die Perception in der Partie η aus ungestörten Schlüssen hervorgeht, noch offen und muss besonders untersucht werden; das geschieht im Folgenden und es wird sich dabei herausstellen, dass in der That der Eintritt einer Störung wahrscheinlich ist; dann bedarf die vorstehende Erklärung noch der Nebenannahme, dass diese Störung entweder die gleiche Richtung des Schätzungsfehlers hervorruft, wie die Netzhautverschiebung, oder dass sie

dagegen verschwindet. So sind bei dieser Erklärung einige Unwahrscheinlichkeiten nicht zu vermeiden. — Entscheiden könnte freilich nur die directe Beobachtung an der lebenden Retina, die zur Zeit wohl nicht mit Sicherheit gemacht werden kann. Vergl. übrigens unter II, Nr. 5.

II. Zweitens kann die metakinetische Verschiebung als Pseudoskopie aufgefasst werden, d. h. als eine (in unserem Fall temporäre) Fälschung der Schlüsse, welche im Centralorgan aus richtig angemeldeten Empfindungen gezogen werden. Zu dem Ende analysiren wir die Vorgänge, mittels deren die Bewegung wahrgenommen wird, so viel, dass sich beurtheilen lässt, ob diese Wahrnehmung Elemente enthält, die zu einer nachfolgenden Pseudoskopie führen, oder nicht. Ich lehne dabei die Untersuchung an einen bequemen Specialfall an, um den Ausdruck zu vereinfachen; die Erweiterung der Betrachtung ist so leicht, dass sie keiner besonderen Ausführung bedarf; jeder Einzelfall kann in gleicher Weise behandelt werden.

In einem ersten Gesichtsfeld sei inmitten ruhender Partien ein Streifen X gegeben, der sich stationär von links nach rechts bewegt; er soll einzelne unterscheidbare Objecte X_1 X_2 u. s. w. enthalten, die an seiner objectiven Bewegung Theil nehmen. Irgend zwei ruhende Marken, die man in den ruhenden Theilen des Gesichtsfeldes wählt, sollen mit A und C bezeichnet werden.

Bewegt sich der Streifen X mit äusserster Langsamkeit, so führen wir die Operation, durch welche wir seine Bewegung erschliessen, mit Bewusstsein aus. Wir wählen zur Zeit t_1 eins der Objecte X_n aus und beobachten seine Stellung gegen die Marken A und C. Am liebsten und am sichersten geschieht das durch directes Visiren, sonst durch Messung des Winkels AX_nC bei festgelegtem Auge u. s. w. Zu einer späteren Zeit t_2 wiederholen wir die Operation; findet sich eine Aenderung gegen t_1, so ist die Bewegung erkannt und kann durch quantitative Ausbildung des Verfahrens gemessen werden. Die ganze Untersuchung wird, wenn es angeht, im directen Sehen vorgenommen, Bewegung des Auges, bez. des ganzen Körpers giebt uns dabei das Mittel, X_n visirend in die gerade Linie AC zu bringen, oder ein Instrument auf X_n u. s. w. zu richten. Sie kann aber auch im indirecten Sehen gemacht werden. Wir können z. B., bei ruhendem Körper und ruhendem Auge angenähert beurtheilen, ob X_n zur Zeit t_1 in der Ebene ACO liegt, wo O der Mittelpunkt des Auges. Die Schätzung ist schlecht, aber nicht principiell unausführbar. Wir können eben so später constatiren, ob X_n von der genannten Ebene abweicht, bez. ein ungefähres Urtheil über die Grösse der Abweichung bilden, können also, obgleich wir es in der Praxis bei sehr langsamen Bewegungen nicht leicht thun, im indirecten Sehen die Elemente wahrnehmen, aus denen wir die

Bewegungen erschliessen. Es ist wichtig, hierbei auf einen Vorgang zu achten, der die Vergleichung zweier Oerter, ein A und X_n, im indirecten Sehen begleitet. Ist das Auge bei der Operation beweglich, so fixirt es erst A dann X_n, springt zwischen beiden hin und her und orientirt sich dadurch über die Richtung und Grösse des Sprunges, d. h. über die relative Lage von X_n gegen A. Zwingen wir das Auge, sich ruhig zu verhalten, so springen nicht seine Muskeln aber wohl seine Aufmerksamkeit zwischen A und X_n hin und her. Die Aufmerksamkeit concentrirt sich erst auf den einen, dann auf den anderen Punkt und schätzt die Grösse als von ihm zurückgelegten Weges. Sind beide Punkte weit von einander entfernt oder schwer sichtbar, so geschieht dieses Hin- und Herspringen der Aufmerksamkeit langsam, weil sie jeden Punkt erst suchen muss, und es kommt dann deutlich zum Bewusstsein. Es wird auch verlangsamt und bewusst wahrnehmbar, wenn man die beiden Punkte mit besonderer Schärfe zu beachten versucht; denn dann verweilt die Aufmerksamkeit länger bei jedem einzelnen. Mit einiger Uebung im Selbstbeobachten kann man die Sprünge der Aufmerksamkeit auch dann noch an sich verfolgen, wenn die linken Objecte mehr am fixirten Punkt liegen und gut beleuchtet sind. Ich schliesse, dass das „Wandern der Beachtung“ eine Erscheinung ist, die sich immer einstellt, wenn wir mit ruhendem Auge ein Gesichtsfeld beachten; lassen wir die Augen beweglich, so schliessen sie sich bekanntlich der Wendung an. Ruhen die Augen kurze Zeit auf dem Gesichtsfeld, so stellt sich das Gefühl ein, dass wir in demselben orientirt sind und mit Leichtigkeit die Umgebung des fixirten Punktes überschauen; das dürfte darauf beruhen, dass die Aufmerksamkeit ihre Wanderungen mit einer gewissen Regelmässigkeit über den Umkreis der Beachtung vertheilt.

Wir nehmen nun an, der Streifen X bewege sich so schnell, dass sein Fortschreiten unwillkürlich und ohne Anstrengung „in's Auge fällt“, und werde stationär, also im indirecten Sehen, angeschaut. Dann läuft die ganze Schlussreihe, deren wir zur Erkenntniss seiner Bewegung bedürfen, so schnell ab, dass ihre einzelnen Theile nicht mehr deutlich zum Bewusstsein kommen. Sie sind aber dennoch, wie bei allen ähnlichen Operationen, unbewusst vorhanden; die Aufmerksamkeit springt hin und her zwischen festen Marken A, C und den bewegten Objecten X_n, fortwährend ihre Beziehungen zu einander vergleichend. Dabei nimmt sie nach jedem Sprung eine Aenderung dieser Beziehungen wahr, und so erschliesst sie die vorhandene Bewegung. Sie hielt sich dabei natürlich nicht an zwei individuelle Punkte als Marken A, C, sondern wählt diese, nach Bedürfniss wechselnd, im ganzen ruhenden Gesichtsfeld. Als eine Marke dient ihr dabei meist indirect die eigene Position des Beobachters, indem sie die gerade Linie vom Auge zu einer Marke A als Ausgangspunkt nimmt.

Zwischen der Empfindung, die in den Netzhauttheilen entsteht, und der Wahrnehmung liegt also als Zwischenstufe die „Beachtung“. In dieser erscheinen die Objecte X_n sprungsweise, also discontinuirlich, und sie liefert eine discontinuirliche Kenntniss an dem jeweiligen Ort derselben. Mit dieser wird die continuirliche Bewegung der X_n erschlossen. Daraus, und nicht ohne dieses, erklärt sich die bekannte Thatsache, dass die discontinuirlich bewegten Bilder, welche das Stroboskop liefert, in der Seele den Eindruck continuirlicher Bewegung hervorrufen. Auf jedem einzelnen der discontinuirlich auftretenden Bilder, bez. auf seinem positiven Nachbild, welches ja kurze Zeit deutlich bleibt, springt die Aufmerksamkeit umher, ihre Theile vergleichend; dabei ändert sich die Lage dieser Theile gegeneinander ganz ähnlich, wie wenn sie continuirlich bewegt wären, und so vermag die Seele des Dargebotenen nicht an dem Bild einer continuirlich vor sich gehenden Bewegung zu unterscheiden. Nimmt man nicht an, dass die bewegten Objecte überhaupt discontinuirlich beachtet werden, so bleibt keine Erklärung für jenen Vorgang übrig.

Die Aufmerksamkeit richtet sich nun, wenn sie X beachtet, immer wieder auf die einzelnen Objecte X_1 X_2 u. s. w. und sucht sowohl ihre Lage gegen andere Objecte A, C u. s. w. wie ihre Beziehung zur Position des Beobachters zu bestimmen. Das ist angeübt, weil das Auge überhaupt im Interesse des Gesammtorganismus ganz wesentlich die Aufgabe hat, Einzelheiten jeder Art zu ersetzen; es liegt ferner in der Natur der Bewegungswahrnehmungen selbst. Denn die Objecte X_n dienen ja als Marken zur Erkennung der Bewegung von X; sie können diesen Dienst nur dann leisten, wenn sie einzeln wahrgenommen werden. Das Bedürfniss, über ihren Standort gegen ruhende Punkte unterrichtet zu bleiben, und das Urtheil über die Position des Beobachters an die Beobachtung der ruhenden Marken anzulehnen, ist so unabweislich, dass seine Nichtbefriedigung Schwindel und Unbehagen hervorruft. Ich erinnere an den leicht erkennbaren optischen Antheil der Seekrankheit. Um nun ihren Bedürfnissen gerecht zu werden. bezieht die Aufmerksamkeit die vorübergleitenden Objecte im Streifen X auf feste Orientirungslinien, die sie vom Auge zu den ruhenden Theilen des Gesichtsfeldes construirt, verfolgt also die temporären Lagen, die ein Object gegen eine Marke A einnimmt, wobei die Stellung des eigenen Auges O das andere Ende der Linie $O A$ festlegt. Dabei muss sie nothwendig darauf Rücksicht nehmen, dass sie X_n und A nicht gleichzeitig beachtet, sondern durch Sprünge, die eine gewisse Zeit beanspruchen. Wir nehmen, zunächst willkürlich, an, dass die Dauer eines solchen Sprunges einen bestimmten Durchschnittswerth Δt besitze. Bewegt sich dann X_n mit der Winkelgeschwindigkeit φ gegen das Auge, so legt es in der Zeit Δt den Winkelweg $\Delta \varphi t$ zurück.

Die Sprünge, welche das Auge zwischen $X_{\prime\prime}$ und A ausführt, sind nun 1) von $X_{\prime\prime}$ nach A, 2) von A nach $X_{\prime\prime}$ gerichtet. Zwischen ihnen besteht ein Unterschied, der so deutlich hervortritt, dass er sogar an einer bloss in der Phantasie vorgestellten Bewegung sich klar machen lässt. Der Leser denke sich, dass er an einem Flusse steht, in dem ein Object $X_{\prime\prime}$ vorbeischwimmt, und dass er zu irgend einer Zeit die Lage dieses Objects gegen eine am gegenüber befindlichen Ufer vorhandenen Marke A bestimmen will. Dann kann er 1) von $X_{\prime\prime}$ zu A, 2) von A zu $X_{\prime\prime}$ übergehen, wobei es ihm freigestellt sein möge, ob er den Sprung bloss mit der Aufmerksamkeit oder auch mit den Augenaxen machen will. Bei der der ersten Richtung des Sprunges wird er $X_{\prime\prime}$ an einem bestimmten vorher gewählten Punkt der Netzhaut genau erkennen, dann rasch zu A übergehen und dies A gleichfalls an einem bestimmten Fleck vorfinden; die Sprungzeit Δt hat eine kurze gut bestimmbare Dauer, das gesuchte Urtheil ist leicht zu bilden, und durch kurzes Verweilen bei A zu verificiren. Führt er aber die Bewegung der Augen in der umgekehrten Richtung aus, so sieht er $X_{\prime\prime}$ in Bewegung, muss es erst suchen; während dessen wird die Sprungzeit unsicher, will es kurze Zeit bei $X_{\prime\prime}$ verweilen, so ist keine Verification der Lage möglich; die Lage von A wird, wie ich deutlich zu fühlen glaube, in der Vorstellung unsicher, kurz der Sprung in der zweiten Richtung liefert das gesuchte Urtheil weniger bequem und weniger sicher. In der Praxis wendet man ihn deshalb fast nicht an; er wird zwar gemacht, aber übersehen, und das Urtheil knüpft sich hauptsächlich an den Sprung von $X_{\prime\prime}$ nach A.

Dieser erfüllt dann auch ein weiteres Bedürfniss: die Lage von $X_{\prime\prime}$ gegen A will in einem bestimmten Zeitpunkt vorgestellt sein, denn ohne das hat sie ja keinen bestimmten Werth. Als ein solcher Zeitpunkt aber bietet sich von selbst der Moment dar, wo das Auge, resp. die Aufmerkkeit in A anlangt; denn der ist scharf wahrzunehmen, und die Lage an $X_{\prime\prime}$ ist dabei frisch im Gedächtniss. Wir werden also beim Verfolgen derjenigen Operationen, durch welche man die Zustände eines bewegten Feldes wahrnimmt, die Sprünge von der Richtung $X_{\prime\prime}$ nach A als die maassgebenden betrachten und in erster Linie berücksichtigen.

Was die Dauer derselben angeht, so ist zu bedenken, dass die Aufmerksamkeit wohl kaum als eine träge Masse aufgefasst werden darf. Die Schnelligkeit, womit sie von einem Punkt zum anderen übergeht, wird also weniger von der Distanz der beiden Punkte abhängen, als von der Leichtigkeit, mit welcher die Aufmerksamkeit den zwischenliegenden Weg feststellt und das Wahrgenommene in das System ihrer Beobachtungen einreiht. Uebersehen wir ein grösseres bewegtes Feld, namentlich ein solches, welches sich mehr um einen Punkt dreht, wie das Gesichtsfeld von Eisenbahn und

Dampfschiff, so wird die Orientirung in den mittleren Theilen desselben überall gleich leicht sein; dort kann man also wirklich einen Durchschnittswerth von Δt annehmen, von dem sich die einzelnen Sprünge nicht weit entfernen. Beachten wir aber die Vorgänge an einer Grenze, wo bewegtes Gebiet X scharf an unbewegtes A stösst, so ist in der Nähe dieser Grenze die Bewegung besonders auffallend, sie kann durch Sprünge erkannt werden, die nicht bloss geometrisch sehr klein sind, sondern psychologisch durch die Schärfe der Trennungslinie und die rasche relative Winkelverschiebung unterstützt werden. Auch im bewussten Beobachten erschliessen wir die Bewegung am schnellsten an derartigen Grenzen. Dort also wird die Zeit Δt kürzer sein können, als für die Mitte des bewegten Feldes. Wir halten uns zunächst an die Erscheinungen in der Mitte, also an das mittlere Δt.

Da muss nun das beobachtende Organ wahrnehmen, dass die Objecte zur Zeit $t + \Delta t$ nicht mehr den Ort inne haben, den sie zur Zeit t inne hatten. Und wenn es nun ihre temporäre Localisirung auf den Moment bezieht, wo es in A ankommt, wie es das ja thun muss, um der Seele eine einheitliche Darstellung von ihrem Verhältniss zu einer bestimmbaren Zeit zu liefern, so muss es berücksichtigen, dass $X_{\prime\prime}$ zu dieser Zeit nicht mehr den Ort im Raum und auf der Netzhaut einnimmt, den es hatte, als es gesehen wurde, sondern dass es inzwischen um $\varphi \Delta t$ nach rechts gerückt ist. Der Beobachter[1] welcher in der eben analysirten Weise die Bewegung von $X_{\prime\prime}$ verfolgt, muss also, um sie mit A vergleichen zu können, die Gewohnheit annehmen, diese Objecte bei ihrer Localisirung um den Betrag $\varphi \Delta t$ weiter nach rechts zu schätzen, als dem Punkte der Netzhaut entspricht, auf dem ihr Bild gerade fiel; denn dann localisirt er $X_{\prime\prime}$ an der Stelle, wo er es mit A zu vergleichen hat. Da diese Gewohnheit, wie der Vergleich selbst, unbewusst eintritt, so heisst das: In den afficirten Partien ξ der Netzhaut sehen wir zur Zeit t das bewegte Object $X_{\prime\prime}$ nicht da, wo sein Bild wirklich zur Zeit t steht, sondern scheinbar um den Gesichtswinkel $\varphi \Delta t$ nach rechts verschoben; denn dann kann es zur Zeit $t + \Delta t$

[1] Ich trenne absichtlich das „beachtende Organ" von der bewussten „Seele", obgleich diese Trennung für das Obige nicht erforderlich wäre. Es scheint mir nämlich schwer annehmbar, dass ein und dasselbe Individuum „Seele" gleichzeitig zwei einander widersprechende Urtheile fällen kann, und doch kommt es jeden Augenblick vor, dass die Wahrnehmung von einem Object dem bewussten Urtheil über seine Beschaffenheit direct widerspricht (Pseudoskopien, Sehen mit Prismenbrille u. s. w.). Man kann nur nachweisen, dass das „Schliessen" in seiner allgemeinsten Form eine mechanische Operation ist, zu der nicht nothwendig Bewusstsein gehört, sondern nur dann, wenn der Schluss von „Begriffen" vollzogen wird. Ich halte es deshalb für möglich, dass die unbewussten Schlüsse der Wahrnehmung in besonderen unbewussten Organen vollzogen werden, eine Annahme, die den oben erwähnten Widerspruch der Urtheile einfach erklärt.

richtig mit der Marke A verglichen werden. So weit die Sprünge der Aufmerksamkeit von A auf $X_{,,}$ überhaupt zur Beurtheilung der Lage von $X_{,,}$ herangezogen werden, können sie diese Gewohnheit nur unterstützen, denn auch sie ergaben für die Sprungzeit $\varDelta t$ eine Lagenveränderung $\varphi \varDelta t$ der Punkte A und $X_{,,}$ gegen einander, die, wenn sie von $X_{,,}$ localisirt wird, nach rechts gerichtet ist. Doch glaube ich, wie gesagt, dass diese Sprungrichtung nicht wesentlich in Betracht kommt.

Hat nun das Auge im objectiv bewegten Feld die Gewohnheit erworben, alle bewegten $X_{,,}$ um $\varphi \varDelta t$ nach rechts verschoben zu taxiren, und wendet es sich dann auf ein zweites Gesichtsfeld mit den ruhenden Punkten $x_{,,}$ und a, so behält es, bis es eines besseren belehrt wird, seine Gewohnheit bei, und taxirt auch $x_{,,}$ gegen a um $\varphi \varDelta t$ zu weit nach rechts. Das aber ist die in 43 beschriebenen Grunderscheinung, die metakinetische Verschiebung von $x_{,,}$. Allmählich lernt es dann, das zweite Gesichtsfeld als ruhend zu betrachten und corrigirt dementsprechend seine Schätzung: diese Correctur ist die metakinetische Scheinbewegung.

Die ganze Procedur lässt sich im bewussten, langsamen Beobachten nachahmen. Man gebe einem Beobachter eine ruhende Marke a und einen Punkt p, der sich gleichförmig mit der Geschwindigkeit v nach „rechts“ bewegt. Er sehe aber a und p nicht gleichzeitig, sondern nach einander durch Drehung eines Fernrohres, für welche ihm die Zeit $\varDelta t$ vorgeschrieben wird. Nun stelle man ihm die Aufgabe, zu einer Zeit, die er willkürlich wählen darf, die Stellung von p gegen a zu bestimmen. (Erstes Gesichtsfeld:) Er wird, wenn er erst erkannt hat, dass p sich bewegt, es am bequemsten finden, das Fernrohr erst auf p zu richten, den Moment abzuwarten, wo p den Kreuzfaden passirt, dann in der Zeit $\varDelta t$ das Fernrohr auf a zu wenden und seine Messung auf den Moment zu beziehen, wo es in a anlangt. Wiederholt er die Operation, so wird er die Rückbewegung des Fernrohres von a zu x_n nicht benützen, denn da kann er die Zeit $\varDelta t$ nicht innehalten, oder er ist nicht sicher, p vor dem Kreuzfaden zu finden. Er wird also bei jeder Repetition von x_n zu a gehen und dabei offenbar lernen müssen, x_n um $v \varDelta t$ nach rechts verschoben zu rechnen, wenn er in a anlangt. (Zweites Gesichtsfeld:) Nachdem er dies Verfahren eingeübt hat, lasse man p ohne sein Wissen zur Ruhe kommen. Dann wird er offenbar bei der ersten Wiederholung der Messung dem p eine unrichtige, „metakinetische“ Verschiebung $v\varDelta t$ nach rechts ertheilen.

Aus der gegebenen Erklärung folgt nun für die metakinetische Verschiebung:

1) Sie ist relativer Natur; denn die Ortsbestimmung bezieht sich auf die relative Lage von Punkten X_n gegen A, also thut das auch der Schätzungsfehler.

2) Sie trifft bei monocularer Beobachtung nur das gereizte Auge; die Schätzung des anderen wird nicht gefälscht. Beobachtet man im ersten Gesichtsfeld monocular, im zweiten binocular, so tritt in diesem Wettstreit der Sehfelder ein; dabei überwiegt das scheinbewegte Feld, offenbar weil es das auffallendere ist.

3) Die Deduction umfasst radiale, wie tangentiale Bewegungen; dem entsprechend verhalten sich beide gleichartig.

4) Die falsche Schätzung kommt um so leichter und schärfer zu Stande, je leichter die bewegten Einzelheiten wahrgenommen werden; vergl. §. 2, Nr. 6, 8, 10.

5) Sie trifft Alles, was vom beobachtenden Organ auf der Netzhaut localisirt wird, also auch Perlfiguren. Sie kann auch solche Lichterscheinungen subjectiver Art afficiren, die hinter der Netzhaut in den Fasern des optischen Nerven verursacht werden. Dadurch weicht die Erklärung II von I ab; letztere beschränkt die Existenz der Scheinverschiebung auf Gebilde, die in oder vor, nicht hinter der Netzhaut liegen. Dieser Umstand bietet ein Mittel, zwischen beiden Erklärungen wenigstens insofern zu entscheiden, dass sich herausstellt, ob der Grund der Erscheinung in der Netzhaut oder im Gehirn zu suchen ist; man müsste Personen untersuchen, die in Folge von Tumoren u. d. m. am optischen Nerven subjective Lichterscheinungen besitzen. Mir fehlt bis jetzt die Gelegenheit dazu.

6) Hat Δt im ersten Gesichtsfeld, wie oben wahrscheinlich gemacht wurde, einen bestimmten Durchschnittswerth, so ist derselbe leicht zu berechnen. Ist ϑ der Gesichtswinkel der metakinetischen Scheinverschiebung, so ist nach dem obigen

$$\vartheta = \varphi \Delta t. \tag{3}$$

Setzt man in diese Gleichung das nach § 3 Nr. 3 zusammengehörige Werthe paar $\varphi = 0{\cdot}43$, $\vartheta = 0{\cdot}008$, so findet sich rund

$$\Delta t = 0{\cdot}02 \text{ Secunden.}$$

Dieser Werth bietet eine beachtenswerthe Annäherung an die allgemeine Erforschung, dass die Zeit, welche zwischen zwei discontinuirlich auf einander folgenden Eindrücken vergehen darf, wenn sie für die Wahrnehmung vollkommen continuirlich erscheinen sollen, höchstens etwa $^1/_{30}$ Secunde beträgt. Er zeigt, dass der Betrag der metakinetischen Verschiebung sich ungezwungen erklären lässt, wenn wir annehmen, dass die Sprünge der Aufmerksamkeit mit derjenigen Geschwindigkeit geschehen, womit die Centralorgane überhaupt die Empfindung verfolgen.

7) Im ersten Gesichtsfeld stosse der objectiv bewegte Streifen X mit scharfem Rand an eine ruhende Partie. In der Nähe des Randes kann

dann die Aufmerksamkeit gelegentlich durch schnellere Sprünge hin und her die Verhältnisse verfolgen; deshalb wird dort Δt kleiner uud dem entsprechend die metakinetische Verschiebung kleiner. Zwischen die kleinen Sprünge fallen auch grössere vom bewegten x_n zu Theilen des ruhenden Gesichtsfeldes, die weiter abstehen als der Rand. Aber die Beobachtung in der unmittelbaren Nähe des Randes ist offenbar überzeugender für die Wahrnehmung, die grösseren Sprünge können höchstens eine gewisse Unsicherheit in die dort gemachte Schätzung von $\varphi \Delta t$ bringen. Demnach wird $\varphi \Delta t$ am Rande bewegter Flächen kleiner und unsicher. Vergleiche hiermit § 3, Nr. 6.

8) Bewegt sich das zweite Gesichtsfeld im indirecten Sehen mit der Geschwindigkeit ψ, wo ψ positiv oder negativ sein kann, in der Richtung des ersten, so wird der Schätzungsfehler bezüglich der Punkte des zweiten Gesichtsfeldes offenbar $(\varphi - \psi) \Delta t$. Näheres Eingehen darauf ist zwecklos, da, wie in § 3 gesagt, die Erfahrung den Dienst der Controle versagt.

9) Für An- und Abgewöhnung des Schätzungsfehlers $\varphi \Delta t$ ist Zeit erforderlich. Beide entstehen dadurch, dass das Auge seine Schätzung der Lage von X_n und x_n so lange corrigirt, bis sie der Wirklichkeit, im ersten Fall der Bewegung, im zweiten Fall der Ruhe von X_n und x_n entspricht, bis also der Schätzungsfehler $\varphi \Delta t$ im ersten Fall angelernt, im zweiten verlernt ist. Daher die Gleichartigkeit beider Processe in § 3, 1 und 5.

10) Kann man das zweite Gesichtsfeld so einrichten, dass es dem Auge, während dies sich in ihm den zu fixirenden Punkt aussucht, die Ueberzeugung von seinem ruhenden Zusammenhang mit aussergewöhnlicher Deutlichkeit einprägt, so wird die Abgewöhnung des Schätzungsfehlers in kürzerer Zeit als gewöhnlich erzwungen, die metakinetische Scheinbewegung also geschwächt, die Scheinverschiebung vermindert, ehe das Auge zur Perception der Scheinbewegung gelangt. Daher z. B. das Verhalten des in § 3, 6 erwähnten Gesichtsfeldes mit dem langen Verticalstrich. Je charakterloser das zweite Gesichtsfeld ist, desto mehr Zeit beansprucht die Abgewöhnung; das geschlossene Auge ist das charakterloseste aller Gesichtsfelder; dem entspricht, dass in ihm die Scheinbewegung am längsten dauert. Dazu kommt, dass man speciell bei diesem Gesichtsfeld keine vorherige unbewusste Kenntniss von seiner Ruhe erwirkt, da bei ihm keine Einführung des Auges von irgend einer Seite her stattfindet.

Die ganze Erscheinung der metakinetischen Verschiebung kann somit als Pseudoskopie gedeutet werden, wenn man die Grundlage unserer Betrachtung, die annähernd regelmässig vertheilten Sprünge der Aufmerksamkeit über das Gesichtsfeld, zugiebt. Diese Sprünge sind, wie oben gesagt, nur die Anwendung einer Erfahrung, welche im bewussten Beobachten

deutlich herantritt, auch das unbewusste Betrachten des indirecten Sehfeldes. Sie können nicht entbehrt werden, wenn man nicht mit der psychologischen Grundthatsache in Conflict gerathen will, dass die Seele in einem gegebenen Moment ihre Thätigkeit auf je eine Handlung, in unserem Fall also auf je eine Beachtung concentrirt. Beachten wir eine Fläche mit frei beweglichen Augenaxen, so nimmt Jedermann an, die Configuration der ganzen Fläche komme dadurch zu unserer Kenntniss, dass die Augenaxen an ihr entlang gleiten, obgleich diese Bewegung der Augen nur ausnahmsweise zum Bewusstsein gelangt; ganz ähnlich verhält es sich, wenn wir eine Fläche im indirecten Sehen überschauen; auch da gleitet etwas an ihr entlang, und das ist die Aufmerksamkeit. Ich halte demnach die oben angenommenen Sprünge der Aufmerksamkeit für etwas wirklich Existirendes; dann ist die Erklärung II der metakinetischen Scheinbewegung ausreichend und Nr. I wird überflüssig. Doch bleibt allerdings zu bedenken, dass, wenn die Netzhautorgane einen Verschiebungsmechanismus besässen, die Erklärung II möglicherweise den Zweckmässigkeitsgrund für das Eintreten einer Verschiebung gemäss I abgeben könnte, auf deren Rechnung dann ein Bruchtheil der metakinetischen Scheinverschiebung zu setzen wäre. Ehe man sich endgültig entscheidet, wird man daher abwarten müssen, was die weitere Erfahrung über das Verhalten der am Nervus opticus applicirten Reize und womöglich über das Verhalten der objectiv beobachteten Retina selber lehrt.

Ueber die Entstehung der Bienenzellen nach Müllenhoff und Darwin.

Von

Dr. Dönhoff
in Orsoy.

Buffon behauptete, dass die Bienenzellen durch den Druck entstehen, den die Bienen gegeneinander ausüben, wie quellende Erbsen durch den gegenseitigen Druck eine sechsseitige Form annehmen. Müllenhoff hat diese Theorie in einem interessanten Artikel in Pflüger's Archiv, Jahrgang 1883, weiter ausgeführt. Die Bodenpyramide, sagt er, entsteht dadurch, dass von der einen Seite eine Biene gegen ein Wachsblöckchen drückt, und dass von der anderen Seite drei Bienen gleichzeitig einen Gegendruck ausüben, so zwar, dass die erste Biene in den Zwischenraum, den die anderen einnehmen, sich hineinpresst. Hierdurch entsteht neben der Bodenpyramide zugleich der Anfang des Zellenprismas. Dasselbe wird verlängert dadurch, dass eine Biene in der Zelle und sechs andere, die herumlagern, gegen den verdickten Rand drücken und denselben abplatten.

Diese Theorie halte ich aus folgenden Gründen für irrig.

1) Wenn der Druck und Gegendruck der Bienenleiber die Zelle formen soll, so ist die nothwendige Vorbedingung, dass diese selbst die Form der Zelle annehmen. Wie ist es nun möglich, dass der Kopf und das Bruststück der Biene die Form einer Pyramide mit den ebenen Flächen und den scharfen Winkeln annehmen. Wenn dieselben einen zusammenhängenden Cylinder bildeten, so wäre die Pressung des Chitinskelets zu einer Pyramide nicht möglich. Nun sind aber Kopf und Bruststück gesondert, die Kiefer lassen sich nicht zusammenpressen, an dem Kopf sitzen noch die Fühler. Liesse sich wirklich der Kopf mit seinen Augen zu einer

regelmässigen mathematischen Figur formen, so hätte dies sicher den Tod des Thieres zur Folge.

2) Ein Weibchen der Papierwespe baut im Frühjahr ihr Nest allein, wie ich dies selbst mehreremal beobachtet habe. Es stellt eine Menge sechsseitiger Zellen her. Von einem Druck und Gegendruck mehrerer Wespen kann hier nicht die Rede sein.

3) Die Bienen bauen sechsseitige Bienen- und sechsseitige Drohnenzellen. Letztere sind weiter. Die Herstellung zweier Zellenarten von ungleicher Weite lässt sich durch den Druck der Bienenleiber nicht erklären.

4) Die Bienen graben auf den Zellen, in welchen die Königinnen erbrütet werden, gewöhnlich Vertiefungen ein. Dies sind angefangene Bodenpyramiden; an manchen erkennt man schon deutlich die Rhomben. Ein Gegendruck vom Inneren der Zelle hat nicht stattgefunden, da die Innenfläche cylindrisch ist.

5) Ich hatte einen Beobachtungsstock mit Glaswänden, in welchem, wegen der Enge, nur eine Wabe gebaut werden konnte. Der Stock wurde mit einem schwachen Volke besetzt. Die Bienen bauten in 14 Tagen etwa 8000 Zellen. Es hätten während der Zeit beständig Bienen drückend und gegendrückend in den Zellen sein müssen. Hiervon sah ich nichts, obgleich ich täglich Stunden lang beobachtete.

6) Die verdickten Ränder einer im Bau begriffenen Zelle werden nach Müllenhoff zu dünnen Zellenwandungen auseinandergepresst. Wäre dies richtig, so müsste man Zellen finden, die erst oben auseinandergepresst und deshalb ohne Rand wären. Eine solche Zelle findet sich nie.

7) Zellen, in welche ich frisch getödtete Bienen gesteckt hatte, erwärmte ich durch Eintauchen in warmes Wasser. Unter Wasser drückte ich die Bienen kräftig gegeneinander. Selbst bei 40° C. und mehr gelang es mir nicht, den Wabenrand auseinanderzupressen und zu verdünnen. Selbst wenn ich zwei Messer gegen den Rand drückte, gelang es mir nicht.

Die Bienen gehören zu den Nestmaurern wie die Schwalben, kleben Wachs an, und glätten dies mit den Kiefern, ähnlich wie die Schwalbe ihr Nest mit dem Schnabel formt.

Darwin hat folgende Theorie aufgestellt. Er meint, die Bienen stellen sich in bestimmten Entfernungen auf, beschreiben Kreise. Die Durchschnittspunkte werden durch ebene Flächen verbunden. Der Irrthum Darwin's besteht darin, dass er glaubt, die Zellen hätten von Anfang an die Grösse und Form, welche sie später haben. Die Bienen graben, wenn sie in eine leere Wohnung gebracht werden, in ein Wachsblöckchen Ver-

tiefungen ein. Anfangs sieht man nur ganz kleine Rhombenanfänge, die allmählich vergrössert werden. Auf den fertigen Rhomben erhebt sich erst die prismatische Säule. An einer im Bau begriffenen Wabe sind am ganzen unteren Ende der Wabe Zellen, deren unterer Theil noch nicht fertig ist. Eine solche Zelle besteht aus zwei fertigen Rhomben und aus einer im Bau begriffenen. Der verticale Rand dieser Rhomben bildet mit den Prismenanfängen der beiden anderen Rhomben die junge Zelle, die noch nicht die gehörige Form hat. Richtige Grösse und Form bekommt die Zelle allmählich.

Auf den Holzwänden, welche die Waben einschliessen, führen die Bienen im Anschluss an die Zellen der Wabe zuweilen kurze sechsseitige Säulen auf, denen die Bodenpyramide fehlt. Hier besteht der Boden der Zelle aus nacktem Holz. Diese Zellen haben gleich die richtige Grösse.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1882—83.

XVIII. Sitzung am 20. Juli 1883.

1. Hr. MARTIUS demonstrirte in der speciell-physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts am Capillarelektrometer die negativen Schwankungen des Muskelstromes des unversehrten Kaninchenherzens zum Beweis der einfachen (nicht tetanischen) Natur der Systole. — Ferner zeigte derselbe ein auf Hrn. Prof. Kronecker's Vorschlag construirtes elektromagnetisches Vibrations-Stroboskop, welches dazu dient, die Frequenz schnell aufeinander folgender, durch ein Capillarelektrometer sichtbar gemachter, regelmässiger Stromschwankungen genau zu messen. Die ausführliche Veröffentlichung wird im *Archiv für Physiologie* erfolgen.[1]

2. Hr. H. KRONECKER trägt eine Arbeit: „Ueber arterielle Blutungen" von Hrn. Dr. D. von Kireeff aus St. Petersburg vor, welche derselbe in der speciell physiologischen Abtheilung des physiologischen Institutes auf Vorschlag des Vortragenden ausgeführt hat.

„Nach den Erfahrungen vieler Physiologen ist es häufig nicht möglich, Hunde durch Verblutung aus einer Art. carotis zu tödten. Ich habe einen Hund sogar nicht verbluten können dadurch, dass ich ihm eine Art. cruralis und beide Carotiden in längeren Zeitintervallen durchtrennte; erst nach Oeffnung der Bauchaorta starb das Thier. So scheinen sich aber nur längere Zeit aufgebundene Hunde zu verhalten; bei frischen Hunden gelang es, wie es auch den Chirurgen von Menschen bekannt ist,[2] jene aus einer grossen Arterie (Carotis oder Cruralis) zu verbluten.

Umstehende Tabelle I giebt eine Uebersicht über den Verlauf tödtlicher Verblutungen aus verschiedenen Arterien von Hunden.

Aus den ersten vier Fällen dieser Tabelle ist ersichtlich, dass kräftige Hunde durch eine geöffnete Art. carotis oder eine Art. cruralis durch ununterbrochene Hämorrhagie sich zu Tode verbluten können. Sie verlieren dabei etwa 65 bis 74 % ihres Gesammtblutes.

Es ist bekannt und wir haben es wiederum bestätigt, dass in denjenigen Arterien, welche überhaupt noch zu Blutdruckmessungen geeignet sind, der Druck ungefähr ebenso hoch ist, wie in den grössten Arterien (vergl. Versuch 4, 10 und in Tabelle VI Versuch 21). Dennoch fliesst aus den kleinen Arterien nur verhältnissmässig wenig Blut aus, dann steht die Blutung, obwohl der Druck nicht oder unbedeutend sinkt. So haben wir in Versuch 11 190 ^{Ccm} Blut aus der Art. tibialis postica ausfliessen sehen, und zwar bald tropfenweise und

---

[1] Sie ist seitdem erfolgt, s. Jahrgang 1883, S. 542—594.

[2] Prof. E. Rose, *Ueber Stichwunden der Oberschenkelgefässe und ihre sicherste Behandlung.* (Vorgetragen im cantonalen Verein Züricher Aerzte in Zürich am 9. Nov. 1874.)

zeitweise wieder im Strahle (also ohne Gerinnung). Diese Blutung dauerte eine halbe Stunde, dann stand sie spontan, während der Blutdruck auf dem anfänglichen Werthe 126 mm Hg blieb. Hierauf wurde die Art. thyreoidea sinistra geöffnet und entliess in kurzer Zeit 430 Ccm. Hiernach floss kein Tropfen mehr ab (ohne Gerinnung). Der Blutdruck (in der Cruralis dextra gemessen) war nun auf 30 mm gesunken. Dann entliess die Art. cruralis sinistra aber noch 180 Ccm Blut, und als auch diese versiegte, die Art. cruralis dextra noch 65 Ccm, worauf das Thier starb.

Aber nicht nur das Caliber der Arterien ist maassgebend für die Grösse der Blutung. Wir sahen ja soeben, dass das Blut aus der Curalis dextr. noch ausfloss, nachdem es aus der Cruralis sin. nicht mehr entleert wurde.

Auch Versuch 7 und 8 zeigen, dass wenn aus einer Cruralis Nichts mehr ausfliesst, die andere noch Blut hergeben kann. Ebenso zeigt Versuch 5, dass nach Versiegen der Cruralis die Carotis noch ergiebig ist.

Weshalb hört die Blutung aus einem angeschnittenen Gefässe auf? Gerinnsel verstopft das Lumen nicht, der Blutdruck ist noch mächtig, das Gefäss selbst ist noch gefüllt und pulsirt. Der Ausfluss kann also nur durch Contraction des Gefässes verhindert sein.

Diese nachzuweisen und den Bedingungen nachzuforschen, unter welchen sie zu Stande kommt, habe ich ferner unternommen.

Dafür, dass ein Tonus auch einer grossen Arterie bis zu dem Grade wachsen kann, dass das Lumen sich völlig schliesst, spricht die Erscheinung der Nachblutung. In Versuch 6 stockte z. B. die Blutung aus der Cruralis, als 350 Ccm ausgeflossen waren, darauf wurde die Arterie zugeklemmt, der Hund abgebunden und lief, wenn auch schwach, im Zimmer umher. Als ihm nach einer Stunde dieselbe Cruralis wieder eröffnet war, flossen nochmals 110 Ccm aus derselben ab. Ebenso stellte sich in Versuch 8 nach 15 Minuten eine Nachblutung aus der Art. cruralis dextra ein.

Dieser Tonus ist nicht centralen Ursprungs, denn in Versuch 12 stand, auch nach Abtrennung des Rückenmarkes, die Blutung aus einer Cruralis, nachdem 133 Ccm abgeflossen waren, während 5 Minuten danach noch 49 Ccm aus der anderen entleert werden konnten. Als auch diese Quelle aus der Cruralis versiegt war, gab eine Carotis noch 13 Ccm her.

Der Tonus ist local, denn die gleichnamigen Gefässe der anderen Seite werden nicht contrahirt. Es ist also das Ausfliessen, welches die Contraction des offenen Gefässzweiges veranlasst. Aus Mosso's Erfahrungen über die Contraction der künstlich durchströmten Nierengefässe ergab sich, „dass der Blutstrom während seiner Dauer Widerstände schafft, die nach einer Unterbrechung desselben schwinden.“[1]

Schneller strömt das Blut in's Freie als gegen den Druck der Blutsäulen in den Gefässen. Ist nun wirklich der schnelle Strom die einzige Ursache der Gefässverengerung? Vielleicht mindert sich der Druck während eines Aderlasses sehr schnell, um nach demselben wieder schnell zur Norm zurückzukehren?

Wir fanden aber in den Versuchen 14 und 15, Tabelle II, folgende zusammengehörige Werthe für Blutdruck und Geschwindigkeit des Ausflusses aus der Art. cruralis dextra eines Hundes mit praesumtiv 311 Ccm Blutgehalt.

---

[1] *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1875. S. 178.

Tabelle I.

Nummer.	Gewicht.	Berechneter Blutgehalt $^1/_{13}$ des Körpergewichts.	Blutdruck in Mm. Hg.	Geöffnete Arterie	Entleerte Blutmenge
1	3600	277	—	Carotis d.	20
2	4500	346	132 0	Carotis s.	25
3	5920	455	— —	Cruralis s.	33
4	7410	—	Cruralis 140 Thyreoidea 120 Carotis 120	„	37
5	4740	365	—	Cruralis d. Carotis d.	250 20 270
6	6300	485	—	Cruralis d. „ d.	350 110 460
7	9700	745	—	Cruralis d. Cruralis d.	370 95 465
8	7050	535	Carotis 152 „ 82 „ 52	Cruralis d. „ d. „ s.	330 90 10 430
9	3950	304	Carotis 142 „ 36	Thyreoidea s. „ d.	170 20 190
10	9200	708	Prof. fem. 122 Cruralis 122	Thyreoidea d. Cruralis s. „ d.	240 140 20 400
11	1870	1438	d. 126 Cruralis d. 126 30 0	Tibialis p. s. Thyreoidea s. Cruralis s. „ d.	190 430 180 60 865
12	3665	282	—	Cruralis d. „ s. Carotis s.	133 49 13 195
13	2860	220	—	Cruralis s. Carotis d. „ s. Aorta	105 15 5 5 13[illegible]

Blutverlust in Procenten des berechneten Blutgehaltes.	Zahl der Ader-lässe.	Lebensdauer nach letzter Verblutung.	Bemerkungen.
74	1	15″	Alle Versuchsthiere (Hunde) sind in der Regel vor der Operation schwach morphinisirt, dann in Rückenlage auf den Tisch gebunden.
72	1	15″	Blutdruck in Art. cruralis s. vor der Verblutung 132 mm, am Ende derselben 0. Während des Blutflusses starke Krämpfe. Thier nicht narkotisirt.
72	1	1′	Verblutung ohne Narkose.
65	1	1″	Erste Messung des Druckes in Art. cruralis; zweite und dritte $^1/_2$ Stunde später.
69 5 74	2	1′	Um die Cruralis sinistra ist eine Ligatur gelegt. Nach dem Blutstillstande ist der über der Ligatur liegende Theil der Arterie blutleer.
72 23 95	2	1′	Nach der ersten Blutung von 350 Ccm kann der Hund noch gehen; die zweite Blutung von 110 Ccm eine Stunde später. Stillstand des Herzens und keine Athembewegungen. Transfusion von 460 Ccm Kochsalzlösung. Das Thier lebt noch 4 Stunden.
50 12 62	2	30′	$^1/_2$ Stunde nach dem Stillstande der Blutung fliessen noch 95 Ccm aus. Transfusion von Kochsalzlösung (0·6%).
62 16 2 80	3	4′	Nach dem Stillstande der Blutung aus der Art. crur. d. wird diese abgeklemmt und das Thier 15 Min. liegen gelassen. Alsdann öffnete man die Klemme, wonach noch 90 Ccm aus derselben Art. und 10 Ccm aus der Art. cruralis s. ausgeflossen sind.
56 6 62	2	3′	Nach dem Aderlasse von 170 Ccm ist 1·5 grm Chloral subcutan eingeführt. Keine neue Blutung aus der Art. thyreoidea s. zu erhalten; aus der Art. thyr. dextra noch 20 Ccm Blut.
34 20 2 56	3	1′ 30″	Während der Verblutung aus der Art. cruralis sind zeitweilig beide Vagi gereizt. Bei jeder Reizung fliesst weniger Blut aus, als in den Reizpausen.
13 30 13 4 60	4	1′	Aus der blossgelegten Art. tibialis postica fliesst das Blut unregelmässig: bald strömend, bald tropfenartig. Das Ausfliessen dauert in solcher Weise $^1/_2$ Stunde.
17 7 4 68	3	1′	Durchschneidung der Medulla oblongata oberhalb des Athmungscentrums; Verblutung $^1/_2$ Stunde später.
8 7 2 2 59	4	1′	Um die Cruralis dextra ist eine Ligatur angelegt. Nach der Verblutung ist das Gefäss oberhalb der Ligatur blutleer.

Tabelle II.

	Entleerte Blutmenge in Cm.	Zeit der Blutung in Sec.	Blutdruck in Mm. Hg.		Entleerte Blutmenge in Cm.	Zeit der Blutung in Sec.	Blutdruck in Mm. Hg.
Nr. 14. Hund von 4050 grm	20	12	156	Nr. 15. Hund von 4740 grm	25	10	120
Körpergewicht mit 311 Ccm	30	6	146	Berechn. Blutgehalt 365 Ccm,	35	15	140
praesumptivem Blutgehalte	20	21*)	140	verblutet aus der Art. cru-	20	9	120
wird aus der Art. cruralis d.	25	13*)	132	ralis sin. Nach jedem Ader-	20	11	120
verblutet. Nach jedem Ader-	20	7	122	lasse Pause von 5 Minuten.	20	10	110
lasse Pause von 45 Sec. bis	20	5	120	68% der Gesammtblut-	20	11	90
2 Min. Gesammter Blutverlust	20	6	104	menge verliert das Thier im	20	12	80
62% des berechneten Blutge-	20	30	60	Ganzen.	20	40	50
haltes.	20	95	56		70	100	
	195				250		

*) Wahrscheinlich gestörter Abfluss.

Hieraus, wie aus anderen Versuchen, ergiebt sich, dass die Ausflussgeschwindigkeit unabhängig vom Blutdrucke sich ändert.[1]

Wenn nun der beschleunigte Ausfluss den Tonus mehrte, so war es wahrscheinlich, dass ein verlangsamter Strom ihn minderte. Darum wurde der Ausfluss vor, während und nach Vagusreizung geprüft. Es zeigte sich in einigen Fällen sehr eclatant: beschleunigter Ausfluss nach Vagusreizung. Es liefen aus der Art. cruralis 50 Ccm in 6·5″, darauf während Reizung der Vagi 50 Ccm in 10.5″, danach ohne Reizung 50 Ccm in 3″. Continuirliche Abnahme der Ausflussgeschwindigkeit stört solche Beobachtungen.

Tabelle III.

	Entleerte Blutmenge in Cm.	Zeit der Blutung in Sec.			Entleerte Blutmenge in Cm.	Zeit der Blutung in Sec.	
Nr. 16. Hund von 18400 grm	150			Nr. 17. Hund von 6500 grm	30	2·5	
mit 1415 Ccm berechnetem	50	6·5		mit 500 Ccm berechn. Blut-	30	6·5	V.R.
Blutgehalte ist verblutet aus	50	10	V.R.	gehalt ist verblutet aus der	30	2	
der Art. cruralis s.	50	3		Art. crur. sin. Zuerst Ader-	30	2·5	
V.R. heisst Vagusreizung	50	4		lass ohne Reizung, dann mit	15	10	V.R.
durch grossen Schlittenappa-	50	10	V.R.	Vagusreizung und 15″ spä-	30	4	
rat mit zwei Daniell'schen	50	5		ter wieder ohne Reizung.	30	6	
Elementen bei 10 cm Rollen-	250			Nach jeder Vagusreizung	30	20	
abstand. Blutverlust 58%	50	45		2—3 Min. Pause. Die Reiz-	10	30	V.R.
des Gesammtblutes.	50	60	V.R.	stärke wie im Versuch 16.	10	8	
	50	55		Blutverlust 66% der Ge-	10	10	
				sammtblutmenge.	10	11	
					0	20	V.R.
					10	12	
					10	14	
					40		
	850				425		

[1] Aehnliches hat L. v. Lesser bei seinen Transfusionsversuchen gesehen. *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1874. S. 88.

Entgegengesetzten Erfolg musste Beschleunigung des Ausflusses haben. Wir wollten diesen durch Steigerung des Blutdruckes mittels Reizung der Medulla erreichen, aber bei kräftiger Reizung nahm nur in den ersten Secunden die Ausflussgeschwindigkeit zu, darauf sank sie, um erst nach Aufhören der Reizung wieder zu steigen. Hiernach scheint es, dass durch Reizung der Medulla auch der Stamm der Cruralis sich stark verengt, wie es Ludwig und Thiry[1] an deren Aesten beobachtet haben.

Tabelle IV.

	Entleerte Blutmenge in Ccm.	Zeit der Blutung in Sec.	Rollenabstand in Cm.		Entleerte Blutmenge in Ccm.	Zeit der Blutung in Sec.	Rollenabstand in Cm.
Nr. 18. Hund von	30	30		Nr. 19. Hund von	10	30	
9900 grm mit 766 Ccm Blut.	30	34	15 R.M.	3630 grm Körpergewicht,	10	15	12 R.M.
Verblutet aus der Art. cru-	10	4		mit 280 Ccm Blut. Ver-	10	4	
ralis d., nachdem ½ Stunde	10	3		blutung aus Art. cruralis	10	16	
zuvor die Medulla oblong.	10	14	10 R.M.	sinistra. Versuch ange-	10	10	12 R.M.
durchschnitten war.	10	2·5	12 R.M.	stellt wie der vorher-	10	15	
R. M. = Reizung des	10	4	12 R.M.	gehende. Thier sehr	5	10	11 R.M.
Rückenmarkes wie im Ver-	20	6	10 R.M.	schwach, Arterien con-	5	25	
suche 16. Zwischen je zwei	20	5		trahiren sich wenig.			
Reizungen 5 Min. Pause.	25	10	10 R.M.				
Aderlässe vor, während der							
Reizung und 30 Secunden							
danach. Reiz bei 12 cm							
Rollenabstand bald wir-							
kungslos.							

Ob nach Aufhebung des Gefässtonus (Durchtrennung der Medulla oblongata) der Ausfluss des Blutes so bleibt, wie er bei normalem Tonus gewesen, ist noch nicht genügend festgestellt. Wichtiger war es nachzuforschen, ob diejenigen Mittel, von denen man voraussetzt, dass sie auf die peripheren Gefässnervennetze lähmend oder erregend wirken, die oben beschriebene Selbstregulirung des Blutausflusses zu stören geeignet sind. Wir haben als wichtigsten und bekanntesten Vertreter solcher Mittel das Chloralhydrat untersucht. Wenn ein Thier mit starken Dosen von Chloral vergiftet ist, so vermag die Reizung des Gefässnervercentrums, wie Cyon nachgewiesen hat, nicht mehr den Blutdruck zu erhöhen. Mosso hat gezeigt, dass dabei die peripheren Gefässe gelähmt werden und hierdurch der Blutdruck zum Sinken gebracht wird, auch die von den Gefässnervencentren getrennten Arteriengebiete (der ausgeschnittenen Niere) durch chloralisirtes perfundirtes Blut erweitert werden. Hiernach war anzunehmen, dass Thiere in der Chloralnarkose profusere Blutungen erleiden und diese schwerer stehen als unter normalen Verhältnissen.

Das folgende Versuchsbeispiel bestätigt die Voraussetzung.

[1] *Wiener Akademische Berichte.* Februar 1864. Bd. XLIX. S. A. S. 5.

	Entleerte Blutmenge in Ccm.	Blutdruck in Mm. Hg.	Zeit der Blutung in Sec.		Entleerte Blutmenge in Ccm.	Zeit der Blutung in Sec.
Nr. 20. Hund von 8550^{grm} Körpergewicht, mit 642^{grm} praesumptivem Blutgehalte, wird verblutet aus der Art. cruralis sin. Zuerst zwei Portionen Blut von 30^{Ccm} ohne Chloral, die Anderen vier mit 2·5^{grm} Chloral in die Vena saphena. 10 Minuten später noch 1^{grm} Chloral und hierauf noch 10 Aderlässe. Nach dem Stillstande dieser Blutung fliesst auch aus anderen Arterien kein Tropfen Blut mehr. Blutverlust 72%.	30	184	3·5		30	5
	30	190	3·5		30	7
	30	80	4	Chloral 2·5^{grm}.	30	8
	30	—	2·5		30	11
	30	100	3		30	15
	30	130	4	Chloral 1^{grm}.	30	25
	30	49	5		30	43
	30		4·5		15	60
	240				225	
			Total 465			

Hier bleibt also die Ausflussgeschwindigkeit, während der Blutdruck sinkt. Besonders bemerkenswerth ist hierbei, dass, nachdem kein Blut mehr aus der Cruralis geflossen ist, auch die Carotiden blutleer sind. Weitere Versuche müssen noch darüber belehren, wie der Einfluss der Caliberungleichheiten durch Chloral aufgehoben wird.

Nach Mosso's Erfahrungen (a. a. O. S. 184 ff.) verengert asphyktisches Blut die Arterien, durch welche es fliesst. Ich habe die Versuche an erstickenden Thieren nicht angestellt, hingegen haben wir durch zuvor längere Zeit (5 Minuten) blutleere Arterien die Verblutung erfolgen lassen und beobachtet, dass die Ausflussgeschwindigkeit durch zuvor blutleere Gefässe bedeutend kleiner ist, als durch blutgefüllte. Aus der auf 8^{cm} Länge abgeklemmten Art. cruralis sin. eines Hundes flossen 200^{Ccm} Blut in 2′ 54″; aus der möglichst wenig berührten A. cruralis dextr. 200^{Ccm} in 2′ 7″ (Versuch 21, Tabelle VI). Natürlich war der Versuch so angeordnet, dass beide Arterien unter analogen Verhältnissen bluteten, aber das Blut bald aus der einen, bald aus der anderen absatzweise floss. In einem zweiten analogen Versuche (Versuch 22) brauchte eine Blutmenge von 30^{Ccm} zum Ausflusse aus normaler Arterie 35 Secunden, dasselbe Quantum Blut aus zuvor blutleerer Arterie 45 Secunden.

Tabelle VI.

	Entleerte Blutmenge in Ccm.	Zeit der Blutung in Sec.		Entleerte Blutmenge in Ccm.	Zeit der Blutung in Sec.
Nr. 21. Hund von 9950^{grm} Körpergewicht, mit berechnetem Blutgehalte von 765^{Ccm}. Blutdruck in Art. carotis 120^{mm} Hg, in Art. saphena sin. 116^{mm} Hg. Beide Arterien waren freigelegt. Cruralis dextra (D) 1^{cm} lang, Cruralis sin. (S.) 8^{cm}. Die letztere blieb während der Verblutungspausen ganz oben abgeklemmt. Aderlässe in Pausen von 5 Min. Blutverlust 62%.	S. 59	14	Nr. 22. Hund von 3720^{grm} Körpergewicht, mit berechn. Blutgehalte von 286^{Ccm}. Versuch angestellt wie der vorhergehende, nur war die Art. cruralis dextr. auf grösserer Strecke blossgelegt, die Sin. wenig frei. Blutverlust 63%.	S. 30	35
	D. 50	10		D. 30	45
	S. 50	15		S. 30	35
	D. 50	14		D. 30	45
	S. 50	40		S. 30	75
	D. 50	30		D. 15	90
	S. 50	105		S. 15	100
	D. 50	73			
	S. 75	165			
	475			180	

Mehrere der vorstehenden Versuche sind mit Hinblick auf die räthselhafte Frage angestellt: warum nach dem Tode die Arterien blutleer sind.

Harvey und Schwenke geben, wie Haller[1] berichtet, an, dass bei erstickten und zu Tode gehetzten Thieren, ebenso wie auch bei in Trunkenheit und an malignen Krankheiten gestorbenen Menschen die Arterien Blut enthalten. Valentin erwähnt in seinem Lehrbuche,[2] dass frisch amputirte Glieder von den Arterien aus nicht injicirt werden können, wegen des grossen Widerstandes, welchen sie leisten. Nach einiger Zeit erschlaffen dieselben wieder.

Die oben erwähnte Beobachtung von Mosso, dass Arterien sich verengen, wenn das Blut, welches sie enthalten, asphyktisch wird, erklärt dies Factum. In welcher Richtung aber contrahiren sich die Gefässe? Die Arterien entladen sich nicht nur nach der Peripherie, sondern auch centralwärts (Versuch 13, Tabelle I). Wir haben dabei gesehen, dass verschiedene Gebiete verschiedene Contractilität haben können, welche abhängig ist von der Blutbewegung, die zuvor darin stattgefunden hat. So z. B. waren nach Verblutung aus beiden Crurales die Art. hypogastricae blutleer, die Art. iliacae propriae und ebenso die Aorta abdominalis bluthaltig, die Carotiden dagegen leer. Die Art. cruralis auch unterhalb der Stelle, wo sie einfach angeschnitten war, blutleer bis zu dem Abgangsorte einer A. circumflexa ilei.

In einem anderen Falle war eine Art. cruralis unterbunden, aus der anderen Arterie das Thier verblutet. Nach dem Tode war auch das unterbundene Stück centralwärts leer. Es entleeren sich also kräftige Arterien nach beiden Seiten. Wir müssen nun annehmen, dass solche Contractionen verschiedene Strecken der Arterien ungleichzeitig ergreifen. Was in die Capillaren gepresst ist, gelangt in das widerstandlose Venengebiet. Ein Theil des Blutes, der bis in die allergrössten Arterien zurückgedrängt ist, bleibt dort. So fanden Lancisius, Morgagni, Haller den Truncus aortae immer bluthaltig. Also nur die allergrössten Stämme contrahiren sich nach dem Tode nicht vollständig. Die Reize zur Contraction bilden sich höchst wahrscheinlich in Folge der Blutleere. Wir haben aber schon gesehen, dass ebenso wie Blutleere auch schneller Blutausfluss die ausführenden Arterien verengt. In diesem Falle muss man wohl annehmen, dass die überreiche Sättigung mit O-haltigem Blute die Erregbarkeit steigert, so dass früher unwirksame Reize nunmehr Bewegungen auslösen. Jedenfalls sind beide Vorgänge sehr nützlich. Durch die Widerstände seitens der durchströmten offenen Gefässe wird die Blutströmung nach den geschlossenen Gebieten hingeleitet, durch die Contraction anaemischer Bezirke das centrale Gefässsystem, welches dem kleinen Kreislauf das Blut zuleitet, gefüllt erhalten".

XIX. Sitzung am 27. Juli 1883.

1 Hr. Cand. med. Ed. Aronsohn hielt den angekündigten Vortrag: „Beiträge zur Physiologie des Geruchs."

[1] Haller, *Elementa Physiologiae etc.* 1757. t. I. p. 197.
[2] Bd. II. 1847. S. 467.

Der Vortragende prüfte auf Vorschlag des Hrn. H. Kronecker während dieses Semesters in der speciell-physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts zunächst den E. H. Weber'schen Lehrsatz: dass duftende Flüssigkeiten, direct mit der Nasenschleimhaut in Verbindung gebracht, keine Geruchswahrnehmung veranlassen können.[1]

Mit der Weber'schen Anschauung sind folgende Erfahrungen unvereinbar:

1) Eine gehörige Anfeuchtung der Nasenschleimhaut ist für die Geruchsperception nothwendig und selbst profuse Schleimsecretionen der Drüsen stören die Geruchsempfindung nicht (Fröhlich).

2) Auch die Wasserthiere riechen. Dies ist freilich, mit Rücksicht auf den Weber'schen Satz, angezweifelt worden. Aber das Geruchsorgan der Fische ist mit demjenigen der in der Luft lebenden Thiere übereinstimmend gefunden worden.

Um diese Frage zu entscheiden, untersuchte der Vortragende das Geruchsvermögen von Goldfischen. Wenn diesen eine willkommene Speise (Ameiseneier) dargereicht wurde, so wandten sie sich von denselben, wenn sie mit Nelkenöl parfümirt waren, schon aus einer Entfernung von einigen Millimetern mit den ausgesprochensten Erscheinungen des Unwillens ab.

Eine Wiederholung des Weber'schen Versuches nach der von ihm angegebenen Methode mit einem Theil Eau de Cologne auf eilf Theile Wasser rief schon in den ersten Secunden die schmerzhaftesten Erscheinungen in der Nase hervor, so dass von einer Geruchswahrnehmung keine Rede sein konnte. Da diese unmöglich gemacht wurde durch das deletär auf die Riechzellen einwirkende Wasser, so galt es in dem neuen Versuchsplane, das schädliche Wasser durch die physiologisch indifferente, 0·6 procentige Kochsalzlösung zu ersetzen. Die Injection dieser Flüssigkeit geschah mittels der Nasendouche.

Die Versuche ergaben, dass der Weber'sche Satz falsch ist, da riechende Flüssigkeiten, auch direct in die Nase gebracht, Geruchsempfindung veranlassen.

Dieses Resultat wurde von acht anderen Personen, die sich dem Versuche unterzogen, in 16 Fällen bestätigt; nur zwei Personen konnten die injicirte Flüssigkeit gar nicht, eine Person nur beim Hinausfliessen (nicht auch während des Hineinfliessens) riechen.

Die folgende Tabelle soll eine Uebersicht über die von mir angestellten Versuche und erhaltenen Resultate im Einzelnen gewähren.

Riechende Substanz.	Zahl der angestellten reinen Versuche.	Temperatur.	Günstigste Concentration der gerochenen Substanzen in 0·6 procent. Kochsalzlösg.	Minimalgrenze der Geruchsempfindung. Concentration der gerochenen Substanzen.
Nelkenöl	25	24—50° C.	0·05—0·1	0·000 01
Campher	7	20—62	0·5	0·001
Eau de Cologne	8	21—44	0·8—1·0	0·2
Cumarin (Lösg. v. 0·1:50)	10	24—48	0·5	0·000 01—0·000 001
Vanilin. (Lösg. v. 1·0:20)	25	23—49	0·05—01	0·001

[1] E. H. Weber in *diesem Archiv*, 1847. S. 342.

Die Temperatur der injicirten Flüssigkeit muss über 37° C. erwärmt sein, um deutliche Geruchsempfindung zu veranlassen. Am meisten scheinen Temperaturen von etwa 44° C. den Geruch zu begünstigen.

Die Geruchsdauer ist zwar individuell verschieden, scheint aber bei Durchspülung im Allgemeinen geringer zu sein, als wenn man dieselbe Substanz in der Luft ohne Unterbrechung riechen würde.

Durch diese neuen Erfahrungen ist:

1) auch der letzte Grund genommen, den Fischen das Geruchsvermögen abzusprechen;

2) jedes Bedenken geschwunden, Bidder's[1] Erklärung anzunehmen, dass die Geruchsperception auf dem Wege der Endosmose stattfindet.

3) eine weite Perspective für die Erkenntniss der Functionen des Geruchsorgans gewonnen.

Beim Hinausfliessen der riechenden Flüssigkeit aus der Nase macht sich bei stärkerer Concentration der angeführten Mischung ein intensiver Nachgeruch, bei schwacher Concentration eine geringe Schwächung des Geruchs bemerkbar. Für die erste Erfahrung ist die nächstliegende Erklärung: das Verdampfen der in der Nase zurückgebliebenen Feuchtigkeit bei gleichzeitiger stärkerer Secretion der gereizten Schleimdrüsen. Eine zweite, vielleicht richtigere Erklärung könnte darin gefunden werden, dass der N. olfactorius, wie es sich bei Fröhlich's Vergiftungsversuchen mit Strychnin gezeigt hat, auch durch diese Substanzen eine grosse Empfänglichkeit für Geruchsstoffe erhalten hat. Es gelang mir in der That, die toxische Wirkung des Nelkenöls, Eau de Cologne und Vanilins (vom Cumarin und Campher ist sie schon bekannt) an Fröschen nachzuweisen. Der Geruch wird demnach dann geschwächt, wenn durch die Verdampfung der zurückbleibenden Flüssigkeit die Geruchsschleimhaut von der allgemeinen Eintrocknung mit betroffen wird, ohne dass gleichzeitig die Drüsen zu einer stärkeren Secretion gereizt sind, oder der Olfactorius empfindlicher gemacht ist.

Die Ermüdung und Erholung des N. olfactorius lässt sich an einfachen Riechstoffen schwer studiren, da die Geruchswahrnehmung meist mit Erregung der Trigeminusenden verknüpft ist. Inspirirt man z. B. Citronenöl ununterbrochen durch eine Nasenhöhle, während man durch den Mund exspirirt. so tritt nach 5—15″ ein sich immer mehr steigernder, längs der Nasenscheidewand sich hinziehender intensiver Schmerz auf. Dieser Versuch spricht einerseits gegen Fröhlich's[2] Eintheilung der Geruchsstoffe (nämlich in solche, welche gar keine Affection der Schleimhaut hervorbringen, ätherische Oele u. s. w., und solche, welche die Schleimhaut afficiren), andererseits kann es auch als physiologischer Beweis für den von E. Paulsen[3] gefundenen Satz gelten, dass beim Inspiriren durch die Nase die Hauptmasse des Luftstromes am Septum entlang fliesst.

Wie schnell die Geruchsschärfe abnimmt, davon kann man sich überzeugen,

---

[1] Bidder, Art. Riechen in Wagner's *Handwörterbuch für Physiologie*, Bd. II. S. 923.

[2] Fröhlich, *Sitzungsberichte der Wiener Akademie*. Math.-naturwissenschaftl. Classe. 1851. Bd. VI.

[3] Paulsen, *Ebenda*. Bd. LXXXV. Abth. III. S. 362.

wenn man zwei gleich stark riechende Blumen (Rosen) nimmt, zuerst etwa 15″ an Rose A riecht und sogleich darauf an Rose B; die Rose B wird dann jedesmal ganz bedeutend schwächer riechen als A.

Um ein annäherndes Urtheil über die Geruchsdauer zu gewinnen, liess Verfasser von neun Personen ununterbrochen Citronenöl und Pomeranzenöl bis zur eintretenden Ermüdung riechen. Es ergaben sich hierbei folgende Resultate für die Dauer des Geruchs:

	Durch beide Nasenhöhlen gleichzeitig gerochen.	Allein rechts.	Allein links.
als Maximum	11′	5′	3′ 10″
als Minimum	2′ 30′	1′ 5″	30″
als Durchschnittszahl	3′	1′—1′ 30″—2′	50″—60″

Wurde Citronenöl und Pomeranzenöl jede Secunde gewechselt, so hörte man schon nach circa 20″ auf, die Gerüche zu unterscheiden; wenn man in Intervallen von 5″ wechselte, so unterschied man 50″ lang. Ausserdem wurde die Abnahme der Riechzeit an drei Personen in mehreren Versuchsreihen geprüft, in denen sowohl die Pausen zwischen den Riechperioden genau gleich — drei Minuten — lang gehalten wurden, als auch gut dosirbare Stoffe (Cumarin, Eau de Cologne bestimmter Qualität) gewählt wurden: Stoffe, von denen man wusste, dass sie die Trigeminusausbreitung gar nicht oder kaum merklich beeinflussten.

Es ergaben sich aus den Versuchen mit 2 promilliger Cumarinlösung und 1 procentiger Eau-de-Cologne-Lösung (wobe inatürlich stets 6 promillige Kochsalzlösung als Verdünnungsflüssigkeit diente) folgende Resultate:

1) Die wahre Geruchsdauer ist geringer als die allgemeine Empfindung, wie solche sich beim Riechen von Geruchssubstanzen ergiebt, welche auch die Schmerzempfindung veranlassen.

2) Das Maximum der Riechzeit tritt, wie schon Valentin[1] erwähnt, nicht gleich bei dem erstmaligen Riechen, sondern erst bei dem zweiten oder dritten Versuche ein.

3) Die Geruchsempfindung erhält sich, wie es auch schon Valentin beobachtet hat, auf einer gewissen niedrigen Stufe lange Zeit.

Der Bidder'sche Lehrsatz.[2] „dass riechende Substanzen vom Munde aus aufgenommen und durch die Nase exspirirt, keine Geruchsempfindung geben“, ist nicht richtig. Bidder konnte nicht riechen, weil seine riechende Substanz sich in der geschlossenen Mundhöhle befand und die Partikelchen gar nicht in die Nasenhöhle gelangen konnten. Macht man eine kurze, kräftige Inspiration, während man eine offene Flasche in den Mund steckt, dann diesen über der

[1] *Lehrbuch der Physiologie*, 1848. Bd. II. Abth. 2. S. 283.
[2] Bidder, a. a. O. Bd. II. Hft. 8. S. 922.

Flasche schliesst, und exspirirt man hierauf sofort durch die Nase, so wird man sehr wohl den Geruch der Eau de Cologne wahrnehmen. Somit fällt Bidder's Hauptbeweis für die Wichtigkeit der unteren Muschel für die Geruchsperception und andererseits kann Paulsen darin eine physiologische Bestätigung für seine Versuche finden, nach denen der Exspirationsstrom im Wesentlichen denselben Verlauf durch die Nase nehme, wie der Inspirationsstrom.

2. Hr. H. KRONECKER theilte die Ergebnisse von Versuchen mit, welche Hr. Dr. Jastreboff in der speciell-physiologischen Abtheilung des physiologischen Institutes unter Leitung des Vortragenden: „Ueber die Bewegungen der Vagina des Kaninchens“ angestellt hat.

Hr. Jastreboff bediente sich einer ähnlichen graphischen Methode wie Hr. Frommel bei seinen Untersuchungen „Ueber die Bewegungen des Uterus“ (*diese Verhandlungen*, 9. Febr. 1883[1]), vermochte aber auch ohne blutige Operation die gefüllte Wasserblase, welche die Bewegungen übertrug, in die Vagina einzuführen.

Hr. Jastreboff erhielt folgende wesentliche Resultate:

Die Vagina macht im normalen Zustande immer spontane rhythmische Contractionen.

Die Form dieser Contractionen wird durch das Einführen des Ballons und durch Aufblähen desselben mit Flüssigkeit in keiner Weise geändert. Die Contractionen beginnen gewöhnlich am Gewölbe und schreiten nach dem Vorhof der Vagina vor. Aber dieses Vorschreiten erfolgt nicht continuirlich (peristaltisch), sondern abschnittsweise (wie es Kronecker und Meltzer am Oesophagus gefunden haben). Solcher Abschnitte finden sich an den Vaginen 3 bis 9. Seltener beobachtete Hr. Jastreboff auch in entgegengesetzter Richtung verlaufende Contractionen (analog den antiperistaltischen Bewegungen). Dagegen scheint gleichzeitig beginnender Tetanus der gesammten Vagina nicht vorzukommen. Die Frequenz der Contractionen zeigt keine für eine bestimmte Lebens- oder Entwickelungsperiode der Kaninchen charakteristische Eigenthümlichkeiten. Sie hat mehr individuellen Charakter.

Die Intensität der Contractionen steht in naher Beziehung zur Ausbildung der Vagina.

Die Contractionen bei einem Thiere, das noch nicht geboren hat und nicht ganz ausgewachsen ist, sind schwach; bei jungfräulichen, aber völlig erwachsenen Thieren etwas stärker; viel beträchtlicher bei Thieren, die schon geworfen haben; die stärksten Zusammenziehungen geben die Scheiden von trächtigen oder in der Nachgeburtsperiode befindlichen Thieren. Erwärmung des Thieres etwas über die Norm tonisirt das Organ und verstärkt die Contractionen. Wenn die Temperatur im Rectum über 40° C. gestiegen ist, so werden die Contractionen gewöhnlich schwach und unregelmässig oder verschwinden ganz.

Abkühlung bis 37° macht die Contractionen stärker, ohne den normalen Tonus des Organs zu ändern. Bei weiterer Temperaturerniedrigung werden die Contractionen seltener, dann aber ausserordentlich träge und dabei frequenter, so dass das Ende einer Contraction ohne Pause in den Anfang der nächsten übergeht.

Wenn die Athmung unterbrochen ist, so wird die begonnene Contraction

---

[1] S. Jahrgang 1883 des *Archivs*, S. 259. 260.

unverändert zu Ende geführt; vor der nächsten bleibt die Vagina 2 bis 3 Mal so lange wie zuvor erschlafft. Darauf erfolgt eine sehr starke Contraction und auf der Höhe derselben bleibt die Vagina lange (bis 1 Minute) tonisch zusammengezogen. Hiernach macht sie eine Reihe von Contractionen und verfällt endlich in langandauernde Erschlaffung.

Anaemie macht die vaginalen Contractionen für eine gewisse Zeit stärker und frequenter.

Abkühlung und Anaemie machen sich geltend, wenn man bei geöffneter Bauchhöhle die Vagina beobachtet. Schliesslich aber werden Rhythmus und Stärke der Contractionen ungleichmässig.

Während der Pausen zwischen den spontanen rhythmischen Contractionen der Vagina veranlassen mechanische oder thermische Reize, der Vagina oder der Blase oder (weniger sicher) dem Uterus zugeführt, Zusammenziehungen.

Curare in Dosen, welche gerade die Athembewegungen aufheben, verändern weder die Intensität noch den Rhythmus der vaginalen Contractionen; in grossen Dosen schwächt es die Zusammenziehungen, ohne deren Frequenz zu ändern.

Chloroform mit Luft geathmet erhöht anfänglich die Thätigkeit der Vagina, hierauf nimmt zunächst der Tonus ab und später auch die Energie der Contractionen, während die Vagina immer mehr erschlafft, bis endlich alle Thätigkeit erlischt. Doch ist die Lähmung nicht letal.

Aetherdampf mit Luft verdünnt verstärkt ebenfalls anfänglich die Contractionen, macht sie sodann seltener, ohne ihre Kraft zu mindern. Mit Aetherdampf gesättigte Luft lähmt nach kurzer Zeit die Vagina.

Mässige Dosen (0·02^{gr}) Morphium verkleinern etwas die Vaginacontractionen, grössere (0.03^{gr}) vermindern zugleich die Frequenz, stärkste Dosen (0·04^{gr}) lähmen dauernd sowohl die Musculatur als auch die Innervationscentren.

Die rhythmischen automatischen Contractionen der Vagina dauern fort, nachdem das ganze Rückenmark zerstört worden ist, ebenso nach Durchschneidung aller sympathischen Nervenzweige, die nach dem kleinen Becken gehen. Auch die von ihren Umgebungen ganz abgelöste Vagina fuhr fort, rhythmische Contractionen zu machen. Freilich waren diese (am abgekühlten und anaemischen Organe) sehr träge und hörten allmählich auf.

Hr. Jastreboff hat selbst bei der abgesonderten hinteren Hälfte der Vagina rhythmische Contractionen beobachtet.

Man muss also annehmen, dass die Vagina, wie das Herz, in seiner Wand die Centren für diese geordneten Bewegungen trägt. — Ebenso wie das Herz (Kronecker und Stirling) kann die Vagina nicht tetanisirt werden, sondern macht unter dem Einflusse intermittirender Inductionsströme stärkere und häufigere Contractionen. Aber ebenso wie das Herz ist die Vagina in seinen Bewegungen nicht unabhängig vom cerebrospinalen Nervensysteme.

Wenn man bei Kaninchen mit unversehrtem Hirn und Rückenmark die centralen Enden der durchtrennten Nervi ischiadici tetanisirt, so werden die Contractionen der Vagina stärker und seltener.

Diese Wirkung bleibt, wenn die Medulla vom Mittelhirn getrennt wird, sie fällt aus, wenn das Rückenmark in Höhe des ersten Lendenwirbels durchschnitten oder das Lendenmark zerstört ist.

Dauernde Tetanisirung des verlängerten Marks beschleunigt und verstärkt die Contractionen und erhöht den Tonus der Vagina, ähnlich wie die Asphyxie. Ist aber zuvor das Lendenmark durchtrennt, so werden durch Reizung die Pausen

verlängert. Tetanisirung einer Schnittstelle im Lendenmark während einer Pause verlängerte diese oftmals um ein vielfaches eines einfachen Intervalls — worauf einfache oder doppelte vertiefte Contraction folgt. Reizt man aber nur das hintere Ende des durchtrennten Rückenmarkes, nachdem das vordere isolirt worden, so werden die Contractionen bald stark und häufig.

Hieraus kann man schliessen, dass im Lendenmarke ein Erregungscentrum, und im verlängerten Marke auch ein Hemmungscentrum für die Bewegungen der Vagina liegt.[1]

Jahrgang 1883—84.

I. Sitzung am 26. October 1883.[2]

Hr. Hermann Munk theilt eine Untersuchung: „Ueber cerebrale Epilepsie" von Hrn. Dr. S. Danillo aus St. Petersburg mit.

Nach der Fritsch-Hitzig'schen Untersuchung war es bald allgemein anerkannt, dass durch elektrische Reizung beliebiger Stellen innerhalb der sogenannten motorischen Zone der Grosshirnrinde epileptische Anfälle sich hervorrufen lassen; aber es war auch behauptet worden, dass von der hinteren Grosshirnrinde aus Gleiches nicht gelinge. Dem entgegen hatte Wernicke[3] als Mittheilung von H. Munk veröffentlicht, dass auch Reizung ausserhalb der motorischen Zone bei hinreichender Verstärkung des Stromes einen epileptischen Anfall auslöst; dieser Effect könne auf Stromschleifen beruhen. Es war daher nur eine Bestätigung von bereits Bekanntem, was Unverricht[4] neuerdings als ein Hauptergebniss seiner Untersuchung anführt, und was aus seinen mangelhaften Versuchen nicht einmal mit Sicherheit zu erschliessen ist, dass „elektrische Reizung auch der hinteren, nach anderweitigen Untersuchungen mit dem Sehvermögen in Beziehung stehenden Partien epileptische Anfälle erzeugt". Aber Unverricht ist noch weiter gegangen, indem er sagt: „Ich erhielt von so weit nach hinten gelegenen Punkten aus epileptische Anfälle, dass ich mit grosser Bestimmtheit auch die Munk'sche Sehsphäre als Ursprungsstätte epileptischer Anfälle bezeichnen darf"; — und damit ist er trotz der Warnung, welche die Veröffentlichung Wernicke's enthielt, in einen Irrthum verfallen. Denn gegenüber der sogenannten motorischen Zone — der Fühlsphäre — bedarf es, um von der Sehsphäre aus einen epileptischen Anfall zu erzeugen, ausserordentlich viel stärkerer Inductionsströme und längerer Dauer der Einwirkung; und nicht bloss machen dann die Erscheinungen der Dura-Reizung und die Zuckungen der in der Wunde blossgelegten Muskeln, welche vor dem Anfalle sich einstellen, die weite Verbreitung wirksamer Stromschleifen offenbar, sondern das Wirken dieser Stromschleifen auf die der Sehsphäre zunächst gelegenen Regionen der Fühlsphäre thut sich auch geradezu in den Bewegungen der Ohr-

---

[1] Die vollständige Untersuchung ist oben S. 90 ff. abgedruckt.
[2] Ausgegeben am 2. November 1883.
[3] *Lehrbuch der Gehirnkrankheiten.* 1881. Bd. I. S. 239.
[4] *Archiv für Psychiatrie.* 1883. Bd. XIV. S. 233.

und Augenmuskeln kund, welche den Anfall einleiten. Während ferner der von einer motorischen Rindenpartie aus herbeigeführte Anfall durch die Exstirpation der Rindenpartie sich unterbrechen lässt,[1] ist eine Unterbrechung des durch die Reizung der Sehsphäre veranlassten Anfalles durch die Exstirpation der Sehsphäre nicht zu erzielen. Endlich, wenn auch weder ein Frontalschnitt durch die Sehsphäre, nahe ihrer vorderen Grenze gegen die Fühlsphäre geführt, noch ein tiefer Horizontalschnitt an der Grenze von Hinterhaupts- und Schläfenlappen den Anfall zu unterdrücken vermag, der auf Reizung der Sehsphäre bereits zum Ausbruche gekommen ist, so hemmt doch der erstere — nicht der letztere — Schnitt das Entstehen eines neuen gleichen Anfalles in Folge wiederholter Reizung der Sehsphäre. Auch bei der elektrischen Reizung der Sehsphäre ist also die Ursprungsstätte des Anfalles die sogenannte motorische Zone der Grosshirnrinde, die in diesem Falle nur indirect — durch die von der Sehsphäre her kommenden Stromschleifen und die Reizung der von ebendaher nach vorn ziehenden Associationsfasern — in solche Erregung versetzt wird, wie sie sonst durch die Durchströmung bei directer Reizung veranlasst ist.[2]

III. Sitzung am 23. November 1883.[3]

Hr. Kronecker theilte in der Sitzung am 27. Juli 1883 die Resultate von Versuchen mit, welche Hr. Dr. Jacub aus Moskau in der speciell-physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts unter Leitung des Vortragenden „Ueber die rhythmischen Bewegungen des Kaninchenuterus“ ausgeführt hat.

Hr. Frommel hat bei seinen ebenfalls hier angestellten Untersuchungen über die Bewegungen des Kaninchenuterus (*diese Verhandlungen*, 9. Febr. 1883) die Uterushörner von den höheren Vaginaltheilen nicht getrennt, so dass die Contractionen des Scheidengewölbes zu denjenigen der Uterushörner sich addirten. Da, wie Hr. Jastreboff gleichzeitig mit dieser Untersuchung hier nachgewiesen hat (s. oben S. 167), die Vagina des Kaninchens normaler Weise rhythmische Bewegungen ausführt, welche viel energischer sind, als diejenigen des Uterus, kann leicht der Verdacht aufsteigen, dass manche von den Frommel'schen Curven den Contractionen des Scheidengewölbes zu danken sind.

Aus diesem Grunde hat Hr. Jacub die Frage wiederum in Angriff genommen und bei seiner sonst der Frommel'schen nachgebildeten Untersuchungsmethode darauf geachtet, dass lediglich ein isolirtes Uterushorn mit den Schreibapparaten in Verbindung gebracht wurde.

Hr. Jacub kam bei Anwendung dieser Methoden zu folgenden Ergebnissen:

1) Der Uterus eines Kaninchens kann sich in jedem Stadium seiner Entwickelung rhythmisch contrahiren.

2) Die kräftigsten und regelmässigsten rhythmischen Contractionen macht ein Uterus, aus welchem seit ein paar Tagen die Foeten ausgestossen sind. Die schwächsten aber ebenfalls regelmässigen giebt der Uterus von jungfräulichen

---

[1] H. Munk, s. Wernicke, a. a. O. S. 240—41.
[2] Die vollständige Untersuchung ist oben S. 79 ff. abgedruckt.
[3] Ausgegeben am 29. November 1883.

Kaninchen. Zwischen diesen zwei Kategorien stehen die Contractionen des völlig involvirten Uterus und diejenigen eines in den ersten Tagen der Schwangerschaft begriffenen Uterus und zwar giebt der erstere regelmässigere und kräftigere Contractionen als der letztere.

3) Die Contractionen werden in ihrer Frequenz nicht geändert, wenn man innerhalb normaler Grenzen die Uterushöhle unter höherem oder minderem Drucke mit indifferenter Flüssigkeit füllt.

4) Es ändert sich Höhe und Frequenz nicht, ob man den Uterus mit ernährendem Blutserum oder mit 0·6 procentiger Kochsalzlösung ausspült und füllt.

5) Intensität und Frequenz der normalen Contractionen ändern sich, wenn man die Temperatur des Thieres ändert; doch können bei 35^0 die Contractionen noch ganz normal sein, wie dies Frommel ebenfalls gefunden hat.

6) Rasche Verblutung hebt die Contractionen der Gebärmutter auf, ohne dass der Lähmung eine stärkere Contraction vorausgegangen wäre.

7) Curare, Morphium und Chloralhydrat in Dosen, die für den Haupteffect der Gifte hinreichend sind, haben auf die Uterusbewegungen noch keinen Einfluss. Grössere Dosen verlangsamen die Contractionen. Chloral vermindert auch die Intensität der Bewegungen.

8) Aethernarkose hat auf die Uterusbewegungen einen sehr eclatanten Einfluss: Wenn dem Thiere durch Luft verdünnte Aetherdämpfe (1:1) zugeführt werden, so wächst der Tonus des Uterus, so dass die Contractionen von einem partiell verengten Zustande anheben. Hierauf folgt ein Stadium übernormaler Erschlaffung. Wird dem Thiere mit Aetherdämpfen gesättigte Luft zugeführt, so erschlafft der Uterus schon im Anfange der Narkose.

9) Strychnin verstärkt die Uteruscontractionen.

10) Auch ein vom Thiere ganz isolirter Uterus behält unter günstigen Bedingungen lange Zeit die Fähigkeit, regelmässige, rhythmische Contractionen zu machen, ohne dass ihm merkbare Reize zugeführt worden wären.

Ja sogar ein Stück eines Uterushornes, und zwar sowohl das ovarielle Ende wie das vaginale vermag für sich rhythmische Contractionen auszuführen.

11) Intermittirende elektrische Reizung des Uterus verstärkt die vorhandenen Zusammenziehungen und ruft neue hervor. Ebenso auch bei einem ausgeschnittenen Uterus. Durch stärkere Tetanisirung werden die automatischen Contractionen beeinträchtigt. Auch mechanische Reizung hat ähnlichen Effect. Die Bewegungen des Uterus werden aber durch centrale Innervation beeinträchtigt.

12) Elektrische Reizung der Medulla oblongata, so lange dieselbe mit dem Hals- und Rückenmarke in Zusammenhang steht, hat gewöhnlich auf die Uteruscontractionen keinen merklichen Einfluss oder einen wechselnden: während der Reizung sieht man neben einer Erregung die Contractionen bald stärker bald schwächer werden.

13) Elektrische Reizung der Medulla oblongata, nachdem eine zweite Durchschneidung des Rückenmarks in der Höhe des ersten Brust- oder zwischen dem ersten und zweiten Halswirbel gemacht worden ist, hemmt die Uteruscontractionen.

14) Elektrische Reizung des Rückenmarkes nach Abtrennung der Medulla oblongata von demselben verstärkt die vorhandenen Uterusbewegungen oder ruft neue hervor.

15) Am wirksamsten ist die Reizung des Lendenmarkes, welche die Contractionen des Uterus vertieft und verlängert.

16) Elektrische Reizung der centralen Stümpfe der durchtrennten Nn. ischiadici bei unversehrter Verbindung der Medulla oblongata mit der Medulla spinalis hat auf die Uteruscontractionen einen wechselnden oder gar keinen Einfluss.

17) Elektrische Reizung der Nn. ischiadici hat eine Verstärkung der Contractionen zur Folge, wenn die Nerven mit dem oberhalb abgetrennten Lendenmarke, oder auch mit dem Rückenmarke, oder mit dem Halsmarke, nach Abtrennung der Medulla oblongata in Verbindung geblieben waren.

18) Ein Erregungscentrum für die Uterusbewegungen liegt also im Lendenmarke, das Hemmungscentrum in der Medulla oblongata.

IV. Sitzung am 7. December 1883.[1]

Hr. Waldeyer referirt über die in seinem Laboratorium angestellten Untersuchungen des Dr. med. Koganeï bezüglich der Histiogenese der Retina.

Schon im Stadium der primären Augenblase lassen sich zwei Schichten der Retinalanlage unterscheiden. Die eine besteht aus spindelförmigen Zellen (Uranlage-Zellen, Löwe, Würzburg), die andere proximal gelegene zeigt eine Schicht mehr rundlicher Zellen, an denen fast überall karyokinetische Figuren wahrzunehmen sind: „proliferirende Schicht". So weit Koganeï's Untersuchungen reichen, geht die gesammte Weiterentwickelung der Netzhaut von dieser Schicht aus, indem hier eine lebhafte Zellenproduction stattfindet, deren Abkömmlinge zunächst in der Gestalt der spindelförmigen Uranlage-Zellen erscheinen und von diesen aus sich zu den verschiedenen Retinalelementen umwandeln.

Als weiteres Ergebniss der Untersuchung ist hervorzuheben, dass die Differenzirung der einzelnen Retinaschichten in ununterbrochener Folge von der distalen zur proximalen Fläche vor sich geht.

Zunächst erscheinen die Anlagen der Müller'schen Fasern, indem ein Theil der Uranlagezellen besonders in die Länge wächst und schärfer hervortritt. Die distalen Enden dieser Zellen verbreitern sich und treten zur Membrana limitans interna zusammen. Bald darauf sieht man die Opticusfaserschicht deutlich werden; Dr. Koganeï leitet dieselbe aus den Ausläufern der Ganglienzellenschicht ab, welche fast gleichzeitig sichtbar werden. Sonach würde ein Vorwachsen der Opticusfasern aus dem Gehirn zur Retina nicht für alle diese Fasern gültig sein; ein Theil derselben würde primär in der Netzhaut entstehen und zum Hirn weiter wachsen.

Die Molecularschicht folgt zunächst. Ihre Elemente, ein feines Reticulum darstellend, bilden sich aus dem Protoplasma der Uranlagezellen. Wahrscheinlich geschieht dieses in der Weise, dass die überall im Protoplasma der Uranlagezellen vorhandenen Fädchen sich schärfer differenziren, während die zwischen ihnen befindliche Zellsubstanz (Paraplasma, Kupffer) nebst den Kernen schwindet. Beim Hühnchen und auch beim Kaninchen bleibt in der Mitte der Molecularschicht eine Zellenreihe so lange bestehen, als die Molecularschicht wächst; diese

[1] Ausgegeben am 28. December 1883.

muss als Bildungslager der Molecularschicht bezeichnet werden, wie auch Ogneff angiebt.

Mit dem Auftreten der Zwischenkörnerschicht sind auch die beiden Körnerschichten gegeben; doch eilt die innere Körnerschicht der äusseren Lage immer im Wachsthum und in der Differenzirung voran, sodass das vorhin ausgesprochene Gesetz keine Aenderung erleidet.

Es sei hier in dem Referat nur noch der Thatsache gedacht, dass sowohl die exquisit nervösen als auch die Stützsubstanzen der Netzhaut aus derselben Quelle ihren Ursprung nehmen. Die Müller'schen Fasern u. s. w. sind also von derselben Anlage abzuleiten, wie die Ganglienzellen der Retina und deren Ausläufer. Bindesubstanzen giebt es in der Retina nur insoweit, als etwa Blutgefässe in dieselbe eintreten.

Neuroglia und echt nervös functionirende Substanz des Nervensystems gehören daher zusammen und darf die Neuroglia nicht als Bindegewebssubstanz, sondern muss als ein Nervengewebe aufgefasst werden, welches jedoch nicht nervös fungirt.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass Dr. Koganeï der Ansicht derer beitritt, welche bezüglich der Entwickelung der Stäbchenzapfenschicht annehmen, dass aus den Anlagezellen der äusseren Körner zunächst die Innenglieder und aus diesen dann in letzter Instanz die Aussenglieder hervorsprossen.

V. Sitzung am 21. December 1883.[1]

1. Hr. Falk theilt eine Beobachtung von tödtlicher Kohlendunstvergiftung mit, die eine Gravida und ihr $1^1/_2$ Jahre altes Kind betraf; an beiden Leichen war die Kohlenoxyd-Intoxication deutlich anatomisch zu diagnosticiren, während im Blute der 8 Monate alten Frucht weder bei der Natronprobe noch durch das Spectroskop Kohlenoxyd sich wahrnehmen liess.

2. Hr. Blaschko hielt den angekündigten Vortrag: „Zur Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Oberhaut".

Der Vortragende berichtet über Untersuchungen, die derselbe zum grössten Theil schon im Jahre 1878 angestellt hat und zu deren Wiederaufnahme er durch die Arbeiten von Kollmann „Ueber den Tastapparat der Hand der menschlichen Rassen und der Affen" und von Lewinski „Zur Physiologie des Rete Malpighi" veranlasst worden ist. Nach Lewinski ist das Rete eine weiche Platte, deren Gestalt von den in jedem Augenblick herrschenden Druck- und Spannungsverhältnissen abhängig ist, der also, so muss man schliessen, eine constante, typische Form nicht zukommen kann. Letzteres ist aber nicht der Fall, vielmehr besitzt die Oberhaut eine höchst regelmässige Gliederung, zu deren Erkenntniss man bis jetzt nur deshalb in so unvollkommenem Maasse gelangt ist, weil man stets am erwachsenen Menschen untersucht hat, wo diese Regelmässigkeit schwerer zu erkennen ist, hauptsächlich aber, weil man in der — freilich schon von Auspitz bekämpften — Meinung, die Cutis sei der

---

[1] Ausgegeben am 28. December 1883.

formgebende Theil, sich statt mit der Epidermis immer nur mit dem Cutisausgusse derselben beschäftigt hat.

Der Vortragende, welcher die Epidermis an Händen und Füssen von Affen genauer studirt hat, findet ausser den an der Oberfläche ebenso wie beim Menschen vorhandenen Riffen und Furchen an der inneren, der Cutis zugekehrten Seite eine bienenwabenähnliche Structur, hervorgerufen durch die Kreuzung von längs- und querverlaufenden Epithelialleisten. Unter den Längsleisten, welche gerade doppelt so zahlreich sind als die Riffe an der Oberfläche, sind zwei verschiedene Arten zu unterscheiden, die Drüsenleiste und die Falte. In der ersteren, welche in ihrem Verlauf den Riffen entspricht, finden sich die Schweissgänge, und in der Mitte zwischen zwei in regelmässigen Abständen stehenden Drüsenleisten verläuft eine andere, der Furche entsprechende Leiste, welche dadurch zu Stande kommt, dass die Oberhaut mit allen Schichten nach innen eingefaltet erscheint: die Falte. Zwischen den langen Drüsenleisten und Falten sind in regelmässigen Zwischenräumen kurze Querleisten ausgespannt, welche mit ihnen die bekannten kegel- oder pyramidenförmigen Hohlräume bilden, deren Ausgüsse man Papillen genannt hat. Die Drüsenleiste sowohl, wie die Falte, haben nach unten hin eine glatte Contour, und nur solche Längsschnitte, welche durch die Querleisten gehen, zeigen wellige Contour. Die Falte reicht an der Fusssohle tiefer hinab als an der Hand und den Fingern; ihre Tiefe ist ausserdem von augenblicklichen Spannungsverhältnissen abhängig.

Beim Menschen sind die Verhältnisse die gleichen und beim Neugebornen und beim Kinde auch leicht nachweisbar, späterhin wird die Drüsenleiste sehr dünn und nimmt einen stark gezackten Verlauf an, wodurch die Orientirung erschwert wird. Auch finden sich häufiger als beim Affen secundäre Querleisten, namentlich an den Fingerspitzen.

Gegenüber der alten Anschauung, dass die papilläre Begrenzung der Cutis durch Hervorwachsen von Gefässen gegen das Rete entstehe, hat zuerst Auspitz angenommen, dieselbe werde hervorgerufen durch das Vorschieben zapfenartiger Fortsätze aus der Epidermis in die ihr in toto entgegenwachsende Lederhaut. Neuerdings hat Kollmann die hierbei zu Grunde liegenden mechanischen Bedingungen klargelegt. Der Vortragende, welcher ebenfalls der Epidermis vorwiegende Bedeutung für das Zustandekommen der verschiedenen Oberhautgebilde vindicirt, sieht dieselben in folgender Reihenfolge entstehen: Drüsenleiste (4. Monat), Drüsen (4—5. Monat), Falte (6. Monat), Querleisten (7—8. Monat). Drüsenleiste, Drüsen und Querleisten entstehen durch Wucherung der Epidermis nach innen, diese Wucherung ist bedingt durch den „Seitendruck der in ihrer Keimschicht activ sich ausdehnenden Epidermis“ (Kollmann). Die Falte (und mit ihr die Sonderung von Riffen und Furchen) wird hervorgerufen durch Faltung aller Oberhautschichten nach innen; als Causalmoment wirkt ebenso wie bei der Bildung der Drüsenleiste das gesteigerte Wachsthum in der Längsrichtung. Die Verdickung der Hornschicht über der Drüsenleiste (Kollmann) ist nur scheinbar und wird vorgetäuscht durch die beginnende Einsenkung der Oberhaut zwischen den Drüsenleisten; auch beim Erwachsenen ergeben Messungen gleiche Dicke der Hornschicht in den Furchen wie auf den Riffen. Die Papillen entstehen nicht, wie Kollmann angiebt, durch glockenförmige Erhebungen der tiefsten Epidermisschichten nach aussen, ihre Bildung ist vielmehr mit der der Drüsenleisten und Falten zur Hälfte schon gegeben, sie wird vollendet durch die spätere Wucherung der Querleisten in die Tiefe.

Verfasser stellt weitere Mittheilungen über die Haut am übrigen Körper und über die histologischen Details der Wachsthumsverhältnisse in Aussicht und bespricht zum Schluss noch eine zur Anwendung gekommene Tinctionsmethode, eine Doppelfärbung mit Haematoxylin und Picrocarmin, bei welcher die verhornten Epithelialgebilde eine saftgrüne Färbung annehmen und welche sich für normale und pathologische Objecte von der Haut, den Schleimhäuten, sowie von Arterien vorzüglich bewährt hat. So behandelte Praeparate aus dem Jahre 1878 wurden in der Sitzung demonstrirt.

3. Hr. G. SALOMON macht eine Mittheilung: „Ueber die chemische Zusammensetzung des Schweineharns“.

Bisher hat man auf Grund älterer Untersuchungen als feststehend angenommen, dass der Harn der Schweine keine Harnsäure enthalte. Diese Meinung ist indessen irrthümlich und beruht auf einem Fehler der gebräuchlichen Darstellungsmethode, auf den E. Salkowski, R. Maly und K. B. Hoffmann die Aufmerksamkeit gelenkt haben. Der Zusatz der Salzsäure bewirkt nämlich bei manchen Harnen trotz ganz beträchtlichen Harnsäuregehaltes keine Spur einer Ausscheidung. Unter solchen Umständen bewährt dann die von E. Salkowski angegebene Methode der Silberfällung[1] ganz besonders ihre Zuverlässigkeit; sie ist es auch, die mir in dem hier vorliegenden Falle den Nachweis der Harnsäure ermöglichte, während der Zusatz von Salzsäure ohne jeden Erfolg blieb. Der Harn ($5^1/_2$ Liter) wurde beim Schlachten aus den Blasen von 40 Schweinen ausgepresst; er war klar, sauer, vom specifischen Gewicht 1021. Alle Thiere hatten 16—22 Stunden vor der Tödtung gehungert, nachdem sie als letztes Futter einen Trank von Roggenkleie erhalten hatten. Die thierärztliche Untersuchung hatte durchweg einen normalen Gesundheitszustand ergeben. Zur Darstellung der Harnsäure wurde die gesammte zur Verfügung stehende Harnmenge nach Salkowski's Vorschrift behandelt und auf diese Weise eine Ausbeute von $0 \cdot 65^{grm}$ erzielt. Die Elementaranalyse ergab folgende Resultate:

0·2480 Substanz gaben 0·3290 CO_2 = 36·17 % C und 0·0674 H_2O = 2·72 % H.

0·1020 Substanz gaben nach Dumas $29 \cdot 5^{Ccm}$ Stickstoff bei 18·8° und $754 \cdot 0^{mm}$ Druck (= 33·07 % N.

	Berechnet.	Gefunden.
C_5	35·71	36·17 %
H_4	2·38	2·72 „
N_4	33·33	33·07 „
O_3	28·58	—

Um über das Verhältniss der Harnsäure zum Harnstoff Aufschluss zu erhalten, benutzte ich eine neue auf dieselbe Weise und unter genau denselben Ernährungsverhältnissen gesammelte Harnportion. Die Reaction war wieder sauer, das specifische Gewicht betrug 1024. Ich erhielt für die Harnsäure 0·0267 %, für den Harnstoff den hohen Werth von 4·1 %, woraus sich ein Verhältniss der Harnsäure zum Harnstoff von 1:150 ergiebt.

Aus dem Filtrat von der Harnsäure erhielt ich durch nochmalige Fällung mit ammoniakalischer Silberlösung einen Niederschlag, der, nach Neubauer's Vor-

[1] E. Salkowski und W. Leube, *Die Lehre vom Harn.* Th. I. S. 96.

schrift in heisser Salpetersäure gelöst, beim Erkalten sich zum Theil in Form büschelförmiger Krystalle ausschied. Aus den letzteren wurde nach bekannter Methode die reine, in makroskopischen Nadeln und Platten krystallisirende Basis dargestellt. Die Eigenschaften dieses Körpers stimmten in jeder Beziehung mit denen des Guanins überein; er war fast unlöslich in Ammoniak, gab mit Pikrinsäure den von Capranica beschriebenen intensiv gelben Krystallniederschlag, zeigte starke Reaction mit Salpetersäure und Natronlauge, keine Rothfärbung mit Chlorwasser, Salpetersäure und Ammoniak u. s. w. Ich würde mich daher, trotzdem die geringe Menge der Substanz ($0 \cdot 02^{grm}$) eine Analyse nicht gestattete, unbedenklich für das Vorkommen von Guanin im normalen Schweineharn aussprechen, wenn nicht eine sehr auffällige Abweichung vorhanden wäre. Der guaninähnliche Körper des Schweineharns entwickelt nämlich beim Erhitzen einen starken Isonitrilgeruch, was beim Guanin nicht der Fall ist. Ich kann also den Befund von Pecile, der im Harn eines anscheinend gichtkranken Schweines Guanin mittels Analyse der Silberverbindung nachwies,[1] nicht schlechtweg für den normalen Harn bestätigen, sondern muss mich mit der Annahme eines dem Guanin nahestehenden Körpers begnügen.

Aus der salpetersauren Lösung erhielt ich, wie auch Pecile, Xanthin und zwar in Gestalt sehr kleiner mikroskopischer Krystallbüschel. Von anderweitigen Ergebnissen der Untersuchung erwähne ich nur den Nachweis kleiner Mengen von Kreatin, die sich wohl aus ursprünglich vorhanden gewesenem Kreatinin gebildet haben haben mochten. Die Anwesenheit von Milchsäure, die von mehreren älteren Autoren zu den Bestandtheilen des Schweineharns gerechnet wird, konnte ich mit Sicherheit ausschliessen. Hippursäure habe ich zwar bisher nicht gefunden, halte jedoch ihre Gegenwart noch nicht für unbedingt ausgeschlossen.

5. Hr. A. BAGINSKY machte in Anschluss an den Vortrag des Hrn. Salomon die folgende „vorläufige Mittheilung."

Von der Idee ausgehend, dass man bei den, der Diphtherie nachfolgenden Affectionen der Kinder, Myocarditis, Nephritis, und den Lähmungen, toxische Substanzen supponiren müsse, welche in den afficirten Geweben zur Wirkung kommen, wandte ich mich behufs Auffindung derselben zunächst dem Harn zu. — Von einem dreijährigen Kinde, welches seit acht Tagen einen schweren diphtheritischen Fall überwunden hatte, jetzt an frischer acuter Nephritis, an Lähmung des Gaumensegels und heftigen Herzpalpitationen litt, wurde der, nach 24stündiger Anurie aufgefangene, stark sedimentirende Harn zur Untersuchung genommen. Nachdem die im Ganzen 100^{Ccm} ausmachende Harnmenge mit Salzsäure und Phosphorwolframsäure ausgefällt, der Niederschlag mit Baryt zersetzt war, fiel aus dem, vom Baryt auf's genaueste befreiten Filtrat, beim Einengen ein hellbräunlicher Körper, zum Theil krystallinisch zum Theil amorph heraus.

Nachdem von dem Filtrat zu einem Thierversuche die Hälfte verbraucht worden war, betrug die aus der zweiten Hälfte gewonnene Masse des Körpers noch $0 \cdot 1865^{grm}$. Der durch mehrmaliges Auskrystallisiren gereinigte Körper zeigte folgende Eigenschaften:

[1] Liebig's *Annalen* u. s. w. Bd. CLXXXIII. S. 141.

1) Er löste sich schlecht in kaltem Wasser.

2) Er löste sich leichter beim Erwärmen.

3) Zusatz von Ammoniak war auf die Löslichkeit ohne Einfluss.

4) Mit Ammoniak und salpetersaurem Silber gab derselbe einen hellen, dicken gallertigen Niederschlag.

5) Derselbe giebt die Weidel'sche Reaction.

6) Die Silberverbindung ist in heisser Salpetersäure löslich, und scheidet sich der Körper beim Erkalten wieder aus; die ausgeschiedenen Krystalle enthielten 40·56 Procent, nach nochmaligem Umkrystallisiren 38·4 Procent Ag.

7) Bei der volumetrischen Stickstoffbestimmung ergab derselbe 43·8 Procent Stickstoff.

Nach Allem nähert sich der Körper dem Guanin, dessen Stickstoffgehalt 46·3 Procent beträgt. — Mit dem Nachlass der Symptome der Nephritis, und dem Schwinden der Erscheinungen, verschwand der Körper aus dem Harn des Kindes, so zwar, dass aus den relativ geringen, für die Untersuchung zur Disposition stehenden Mengen desselben, welche indess immerhin auf im Ganzen 700^{Ccm} im weiteren Verlaufe sich sammelten, auch nur annähernd gleiche Mengen des betreffenden Körpers nicht gewonnen werden konnten.

In einem zweiten Falle, in welchem es sich um eine nach Scharlach auftretende frische, mit mässiger Albuminurie einhergehende Nephritis bei einem dreijährigen Kinde handelte, konnte aus 170^{Ccm} Harn, bei directem Ausfällen des Harns mit Ammoniak und salpetersaurem Silber, in relativ beträchtlichen Mengen ein Körper genommen werden, welcher alle Eigenschaften des Xanthin darbot.

1) Derselbe gab mit Ammoniak und salpetersaurem Silber einen gelatinösen Niederschlag.

2) Mit Salpetersäure eingedampft, hinterliess derselbe einen gelben Rückstand, welcher sich auf Zusatz mit etwas Kalilauge schön roth färbte.

3) Gab derselbe prachtvoll die Weidel'sche Reaction.

Sind die erwähnten Thatsachen auch nur als erste Ergebnisse zu betrachten, so enthalten sie doch zwei positive, vielleicht wichtige Beobachtungen:

1) Das Auftreten von Guanin und Xanthin ähnlichen Körpern in reichlicher Menge unter pathologischen Verhältnissen, speciell bei acuter Nephritis der Kinder.

2) Das Verschwinden derselben bei Abheilung der Nephritis.

Die Untersuchungen sind in der chemischen Abtheilung des hiesigen physiologischen Instituts, welches unter Leitung des Hrn. Dr. Kossel steht, gemacht, und ich bin in der Fortsetzung derselben begriffen.

VI. Sitzung am 11. Januar 1884.[1]

1. Hr. KOSSEL hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber Nuclein".[2]

Der Vortragende hat unter den Spaltungsproducten des Nucleïns neben Hypoxanthin und Xanthin auch das Guanin aufgefunden.[3]

---

[1] Ausgegeben am 18. Januar 1884.

[2] Die ausführliche Mittheilung erfolgt in der *Zeitschrift für physiologische Chemie*, herausgegeben von Hoppe-Seyler.

[3] *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. VII. S. 7.

Diese Thatsache führt zu der Folgerung, dass bei der Einwirkung siedender verdünnter Säuren auf thierische Gewebe Guanin entsteht. Versuche bestätigten diese Vermuthung und zeigten, dass die Quantität des Guanins in Beziehung steht zur Menge des Nucleïns.

Während der Muskel des erwachsenen Thiers arm an Guanin ist, enthält der embryonale (kernreichere) Muskel eine bedeutend grössere Quantität dieses Stoffs. Das normale Blut enthält kaum nachweisbare Mengen, das leukämische (an kernhaltigen Elementen reiche) Blut viel Guanin. Einen hohen Guaningehalt zeigten Sarkome, ferner das Gewebe der Leber und Milz.

Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Bezeichnung des Organs	In 100 Theilen des feuchten Organs			In 100 Theilen des trockenen Organs		
	Guanin.	Hypoxanthin.	Xanthin.	Guanin.	Hypoxanthin.	Xanthin.
Leber (Rind)	0·057	0·039	0·035	0·197	0·134	0·121
Milz (Rind)	0·068	0·074	0·038	0·295	0·306	0·165
Pankreas (Rind)	0·055	0·095	0·195	0·178	0·304	0·626
Muskel (Rind)	0·005	0·053	0·012	0·020	0·230	0·053
Muskel (Hund)	Spuren	0·055	0·023	Spuren	0·230	0·096
Embryonaler Muskel (Rind)	0·044	0·038	0·012	0·412	0·359	0·111
Leukaemisches Blut . . .	—	—	—	0·201	0·072	misslung.
Sarkom des Oberarms . .	—	—	—	0·196	0·137	(gering) nicht bestimmt
Sarkom der Bauchhaut einer Kuh	—	—	—	0·283	0·272	

2. Hr. W. WOLFF hielt die angekündigten Vorträge:

1) „Die Nerven des Froschlarvenschwanzes".

Die Nerven spriessen als feine Protoplasmafortsätze aus dem Centrum hervor und streben der Peripherie zu; auf diesem Wege verästeln sie sich ziemlich häufig, jedoch immerhin nur so wenig, dass bei der geringen Anzahl von Hauptstämmen der bei weitem grösste Raum des Schwanzes ohne Nerven gelassen ist. Am Ende werden sie so dünn, dass sie bei den stärksten Objectiven eben noch zu erkennen sind, um schliesslich als feinste Spitzen zu enden. Die Endigungen liegen im Schleimgewebe unterhalb des Epithels. Die Schwann'sche Scheide oder das Neurilemma bildet sich secundär, indem sich Zellen aus der Bindesubstanz um die Nervenfaser herumlegen; darauf entsteht das Mark ebenso wie das Neurilemma vom Centrum nach der Peripherie zu.

Diese Untersuchungen stehen mit den neueren über diesen Gegenstand im Widerspruch, zumal mit denen von Pfitzner (*Morphologisches Jahrbuch*, Bd. VII) und Canini (*Dies Archiv*, 1883, S. 149 ff.), welche ein reichliches subepitheliales Geflecht annehmen, von dem in eine jede Epithelzelle Nervenfasern hineingehen sollen. Man erkennt aus den Abbildungen von Canini unschwer, dass derselbe die feineren Nervenfasern in dem Schleimgewebe verloren und die Fortsätze der Zellen desselben für ein nervöses Netz betrachtet hat. Die von den Autoren in den Epithelzellen beschriebenen verschieden geformten Pseudonervenendigungen sind wahrscheinlich Reste der schlecht erhaltenen Kernstructur,

Die bezüglichen Praeparate waren durch Behandlung mit $^1/_{10}$ % Goldchloridkaliumlösung hergestellt und wurden in der Sitzung demonstrirt.

2) „Ein Beitrag zur Lehre vom Knochenwachsthum".

Von der Voraussetzung ausgehend, dass sich die Grundgesetze des Knochenwachsthums am leichtesten bei den Knochen finden liessen, die den einfachsten Bau auch im ausgebildeten Zustande besässen, wurden die Knochen von $1^1/_2$ cm langen Fröschen untersucht. Der Knochenbildung geht häufig eine Verkalkung der Knorpelgrundsubstanz voran, doch ist dies nicht als eine Einleitung zur Knochenbildung zu betrachten, sondern wohl nur als Substitut des Knochens zum Zwecke der grösseren Festigkeit des Knorpels. An den Phalangenknorpeln der Zehen bildet sich die erste Knochensubstanz nun folgendermaassen. Es entsteht eine feine Knochenlamelle in der Mitte der Längsaxe des Phalangenknorpels um den Knorpel unterhalb des Perichondriums, das jetzt füglich Periost genannt werden muss; durch Anlagerung immer neuer Knochensubstanz wird diese Knochenlamelle immer dicker und länger und erhält alsbald auf einem Längsschnitte des Phalangenknorpels die Form zweier sehr stumpfwinkliger mit den Spitzen einander zugewandter Dreiecke. Zu gleicher Zeit mit der ersten Bildung von Knochensubstanz finden im Inneren des Knorpels verschiedene Vorgänge statt. Es vergrössern sich die Knorpelzellen in der Mitte des Knorpels ausserordentlich auf Kosten der Knorpelgrundsubstanz, so dass sie zu grossen blasigen Gebilden werden und die Knorpelgrundsubstanz schliesslich ganz verzehrt wird; diese Vergrösserung der Knorpelzellen und in Folge dessen das Schwinden der Grundsubstanz findet hauptsächlich in der Richtung der Längsaxe des Knorpels statt. Auf diese Weise entsteht im Knorpel eine längliche Höhle, die Markhöhle, die in der Mitte vom neugebildeten Knochen, nach den beiden Enden zu jedoch von Knorpel begrenzt ist. Die Knorpelzellen scheinen, nachdem sie ihre Aufgabe vollendet und die Knorpelgrundsubstanz aufgezehrt haben, dem Untergange geweiht zu sein, indem keine Uebergänge zwischen ihnen und den jetzt in der Markhöhle vorhandenen kleinen Markzellen beobachtet werden konnten; es scheint somit die Ansicht, dass letztere von aussen her in die Markhöhle eingedrungen seien, die richtige zu sein. Um den weiteren Vorgang der Knochenbildung zu beobachten, bedient man sich der Längsschnitte vom Femur desselben Thieres; diese Praeparate unterscheiden sich von den obigen nur insofern, als hier eine ausgebildete Epiphyse vorhanden ist und zwar ist die Diaphyse wie ein Locheisen in den Epiphysenknorpel eingeschlagen, so dass die Diaphyse ein beträchtliches Stück in die Epiphyse hineinragt und auf einem Querschnitte des unteren Epiphysentheiles stets auch bei alten Fröschen als ein Knochenring in der durch das ganze Leben des Frosches knorplig bleibende Epiphyse zu sehen ist. Die Diaphyse ist auch in ihrem, in die Epiphyse eingesenkten Theile von Periost umgeben und besteht an ihrem äussersten Ende aus zelligen Elementen, die man als Periostzellen oder Osteoblasten bezeichnen kann. Von diesen Elementen her wird am Ende der Diaphyse immer neue Knochensubstanz angelagert. Entsprechend diesem Längenwachsthum der Diaphyse verlängert sich die Markhöhle, indem in der oben angegebenen Weise der in die Markhöhle hineinragende Theil der Epiphyse sich stetig aufzehrt. Die Röhrenknochen alter Frösche unterscheiden sich von diesem Bilde nur dadurch, dass die Diaphyse in ihrer Dicke aus mehreren übereinander gelagerten Knochen-

lagen zusammengesetzt erscheint. Diese Knochenlagen sind erstens bei den verschieden alten Fröschen in verschiedener Zahl vorhanden und zweitens an ein und demselben Knochen in den verschiedenen Höhen an Zahl variirend und zwar in Folge des Resorptionsprocesses vom Mark her. Diese Lagen sind wohl der Ausdruck des periodischen Wachsthums des Frosches. Es wächst also die Diaphyse des Froschknochens durch Anlagerung vom Periost her, sowohl in die Länge, als auch in die Breite und ist hier weder eine Knochenbildung vom Marke, noch von der (stets knorplig bleibenden) Epiphyse aus zu beobachten. Vergleichen wir hiermit einen Längsschnitt des Femur vom Säugethier, z. B. eines etwa fünf Monat alten menschlichen Foetus, so haben wir in den Hauptzügen dasselbe Bild. Wir sehen auch hier vom Periost her, sowohl in der Längsaxe, als auch in der Queraxe der Diaphyse sich neue Knochensubstanz bilden. Es reicht auch hier der Epiphysenknorpel ein beträchtliches Stück in die Diaphyse hinein und bildet die obere und untere Begrenzung der Markhöhle. Die Unterschiede bestehen darin, dass erstens die Anlagerung des neuen Knochens nicht wie beim Frosche in concentrischen Lagen um die ganze Diaphyse herum stattfindet, sondern in Form der bekannten Haversischen Systeme. Ferner ist der Resorptionsprocess des Knorpels ein etwas anderer. Während nämlich beim Frosche die Knorpelgrundsubstanz durch die nach allen Richtungen hin gleichmässige Vergrösserung der Knorpelzellen resorbirt wird, tritt bei den Säugethieren zuvor eine Vermehrung der Knorpelzellen auf und dann erst eine Vergrösserung derselben und zwar beide Processe in einer zur Längsaxe der Diaphyse parallel stehenden Richtung, so dass zwischen den resorbirten Höhlen, die nun selbstverständlich mit der Markhöhle communiciren, parallel zur Längsaxe der Diaphyse gerichtete Knorpelwände stehen bleiben, die im Zusammenhange mit dem Epiphysenknorpel stehen. Um diese Knorpelwände bildet sich neuer Knochen. So sehen wir scheinbar auch vom Marke aus Knochen gebildet, doch dürfen wir nicht vergessen, dass diese Knorpelwände zur Epiphyse gehören und mit derselben im Zusammenhange stehen und nur in die Markhöhle der Diaphyse hineinreichen. Diese Neubildung von Knochen hat vor der Hand noch keine Bedeutung und wird im Laufe des Wachsthums des Knochens im Marke wieder resorbirt; sie wird erst für die bleibende Form des Knochens von Bedeutung, sobald sich vom Kerne der Epiphyse aus Knochen gebildet hat und dieser mit der Diaphyse in Verbindung tritt.

Die bezüglichen Praeparate wurden in der Sitzung demonstrirt und waren die jüngeren Knochen vom Frosch in schwachen Lösungen von Goldchloridkalium gefärbt und ohne vorherige Entkalkung geschnitten; die übrigen Praeparate waren nach vorheriger Entkalkung in Chromsäure, zuerst in Wasserblau (Anilinfarbe) und dann in Saffranin gefärbt.

VII. Sitzung am 1. Februar 1884.[1]

1. Hr. W. Wolff hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber die elektrische Platte von Torpedo.“

Das elektrische Organ der Torpedo besteht aus nebeneinander gelagerten gewöhnlich sechsseitigen Prismen, die durch Scheidewände von lockerem Binde-

[1] Ausgegeben am 8. Februar 1884.

gewebe, das sehr reich an elastischen Fasern ist, getrennt sind, nach oben und unten werden sie von der äusseren Haut bez. der darunterliegenden Fascie, die ihre Herleitung von den zum Organ umgebildeten Muskeln nimmt, abgeschlossen. Die einzelnen Prismen bestehen aus übereinander gelagerten Platten von 0.012^{mm} Dicke, sie erscheinen structurlos und homogen. In der Platte liegen im Abstande von circa $0 \cdot 03^{mm}$ runde granulirte Kerne, die meist von einem Hof umgeben sind. Die untere der Bauchseite des Fisches zugewandte Fläche der Platte erscheint bei mittleren Vergrösserungen fein punktirt. Bei starken Vergrösserungen ergiebt sich, dass diese Punktirung der optische Ausdruck von lauter, das Licht stark brechenden dicht nebeneinander gelagerten kleinen Körnchen ist, die in einer das Licht fast gar nicht brechenden halbflüssigen Substanz liegen, welche die untere Fläche der Platte überzieht. Diese feinkörnige Substanz ist sehr klebrig und scheint sehr reich an Nuclein zu sein; denn abgesehen davon, dass die Körnchen im Allgemeinen mit den Kernen des Gewebes dieselben Reactionen gegen Farbstoffe zeigen, ergab auch die directe Untersuchung derselben auf Nuclein positive Resultate. Das elektrische Organ einer jungen Torpedo zeigte eine ausserordentliche Kernvermehrung in der Platte, so dass an einigen Stellen gegen zwanzig Kerne auf einem Haufen gezählt werden konnten; es lässt sich schwerlich annehmen, dass diese starke Kernvermehrung allein auf Rechnung des Wachsthums der Platte zu setzen ist.

Die Gefässe und Nerven verlaufen in den Scheidewänden der Prismen biegen sich von hier aus häufig an den Ecken der Platten auf dieselben um. Es treten stets nur einzelne Nervenfasern auf die Platte über, dieselben verlieren nach mehrfacher Verästlung ihr Mark um nach wiederum mehrfacher Theilung, bei der eine stetige Theilung in zwei neue Fasern vorherrschend ist, schliesslich in einer Dicke von ungefähr $0 \cdot 0025 — 0 \cdot 002^{mm}$ Dicke an der unteren Fläche der Platte zu enden; am Ende verschmilzt die Schwann'sche Scheide mit der Membran der Platte. Ausser den Nerven und Capillaren sind zwischen den Platten noch ausserordentlich spärliche Bindegewebszellen vorhanden, die zwei oder drei sehr feine und lange Ausläufer besitzen; diese Zellen folgen beim Isoliren sowohl der unteren, als auch der oberen Fläche der Platte und sind wahrscheinlich für die Function des Organes von sehr untergeordneter Bedeutung. Die Platten, die mit den Scheidewänden der Prismen entweder gar nicht oder jedenfalls nur sehr lose verbunden sind, werden erstens durch die Gefässe, Nerven und Bindegewebszellen in ihrer Lage gehalten; hauptsächlich jedoch verbindet die an der unteren Fläche der Platte befindliche feinkörnige Substanz, die, wie schon oben erwähnt, sehr klebrig ist, die Platten mit einander. Diese Substanz macht auch die Isolirung der Platten so mühselig.

Die von den Autoren beschriebenen verschiedenen Zeichnungen der unteren Fläche der Platte sind Gerinnungserscheinungen der halbflüssigen feinkörnigen Substanz. Die Quadrate und Rhomben entstehen sehr leicht aus der ursprünglich gleichmässig vertheilten Masse, während die baumförmigen Verästlungen erst durch gröbere Eingriffe hervorgerufen werden können und durch Zerreissung der Glieder des Netzes entstehen. Man findet häufig die verschiedenen Uebergänge von der normalen gleichmässig punktirten Platte bis schliesslich zu den baumförmigen Verästlungen.

Die Praeparate wurden auf verschiedene Weise angefertigt: die Platten wurden sowohl frisch mit Carmin und mehreren Anilinfarben gefärbt, als auch nach vorheriger Härtung mit Chromsäure oder Sublimat, sie wurden sowohl

mit verdünntem Holzessig, als auch mit den verschiedenen Metallen (gewöhnlich in schwachen Lösungen) behandelt. Die bezüglichen Praeparate wurden in der Sitzung vorgelegt.

2. Hr. Dr. Moeli (a. G.) hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber Degeneration in der Grosshirnrinde nach Durchschneidung der Capsula interna“.

Vortr. durchschnitt bei Meerschweinchen die an der Aussenseite des Thalamus opticus liegende Faserung welche, der Capsula interna der höheren Thiere analog, ausser der Fortsetzung des Pedunculus namentlich die aus dem Thalamus opticicus austretenden Fasermassen enthält. Der Thalamus opticicus wurde dabei in seinen äusseren Partien mitverletzt.

Auf der Seite des Eingriffs trat danach ein Zerfall eines Theiles der Nervenfasern, welche in die Rinde einstrahlen, bis in das Stirnhirn hinein auf, wie ihn Vortr. schon früher beschrieben hat. Es waren die aus dem Rande der Markleiste austretenden, in der Rinde ein feines Netz bildenden Fasern zum grossen Theile körnig zerfallen, während die unteren (centralen) Fasermassen der Marksubstanz intact waren.

Auch fand sich eine Veränderung an bestimmten Zellen. Während die Zellen der Basalganglien sowohl als die sehr grosse Mehrzahl der Zellen in der Rinde ganz unverändert blieben, waren in der Hirnrinde zwei Arten von Zellen befallen. Dieselben unterscheiden sich von den übrigen zahlreicheren Zellen der Rinde dadurch, dass ihr Zellkörper sich im Ganzen und sehr viel intensiver (mit Nigrosin und Carmin) färbt. Die erste Art ähnelt in der Form sehr den sogen. Riesenpyramiden der höheren Thiere und liegt wie diese ungefähr in der Mitte zwischen Markleiste und freier Oberfläche der Hemisphaere; sie ist kleiner als die grössten schwanzförmig ausgezogenen der sich nur ganz blass färbenden Zellen. Die andere Art der veränderten Zellen ist erheblich kleiner, mit kurzem, dickem oft gekrümmten Fortsatze, dieselben liegen am dichtesten nahe der Markleiste.

Auf der Seite des Eingriffs schwinden die erstgenannten pyramidalen Zellen in der Mitte der Rinde grösstentheils, einige scheinen in kleine klumpige Gebilde verwandelt, ganz wenige sind, zum Theil verkleinert, noch erkennbar. Die Zellen nahe der Markleiste sind gleichfalls viel weniger zahlreich, zum Theil sind sie kleiner ohne deutlichen Kern und Fortsatz, jedoch sind noch immer relativ mehr erhalten als von den grossen Pyramiden.

Es fand sich sonach Zerfall nur eines Theils der Nervenfasern und nur ganz bestimmter Zellkörper, welche sich morphologisch und nach Tinctionsfähigkeit von der grossen Mehrzahl der Rindenzellen (welche letztere intact bleiben) unterscheiden. Vortr. schliesst hieraus, dass diese Gebilde nicht direct, infolge des Trauma's verändert sind, vielmehr in besonderer Beziehung zu den im Mittelhirn durchschnittenen Theilen, namentlich also zur Thalamusfaserung, bez. den aufwärts degenerirenden Fasern stehen.

Ob die eine Zellform, welche eine Veränderung erfährt, den sogen. „Riesenpyramiden“ der höheren Thiere, mit welchen sie die grösste Aehnlichkeit darbietet, analog ist, lässt Vortr. dahingestellt.

Ueber die Hautathmung des Frosches.

Von

Ferd. Klug.

(Aus dem physiologischen Institut zu Klausenburg.)

Während die von Menschen und Säugethieren durch die Haut ausgeschiedene Kohlensäure im Vergleich mit der durch die Lungen ausgeathmeten Menge derselben eine verschwindend kleine ist, herrscht bezüglich des Gaswechsels der Frösche allgemein die Ansicht vor, dass bei diesen Thieren die Kohlensäure in bei Weitem grösserem Maasse durch die Haut als durch die Lungen exspirirt wird. Als besonders maassgebend in letzterer Beziehung werden die Untersuchungen von Spallanzani und von Regnault und Reiset angeführt. Allein weder die Untersuchungen dieser Forscher, noch die vorliegenden Resultate anderer Autoren, bieten Belege, welche eine solche Rolle der Haut der Frösche beweisen würden.

Die Untersuchungen geschahen auf die Weise, dass man die Lungen entfernte oder die Haut mit irgend welchem für Gase undurchdringlichen Firniss überzog und dann beobachtete, wie lange die Frösche diese Eingriffe überlebten, oder es wurde auch die exspirirte Kohlensäure bestimmt. Auf solche Weise sind die Untersuchungen von Spallanzani,[1] Edwards,[2] Regnault und Reiset,[3] sowie die von W. Berg[4] durchgeführt worden.

Das Ausschliessen der Lungenathmung durch Zusammenschnüren des Halses, durch Ausreissen oder Ausschneiden der vorher unterbundenen

[1] *Memoires sur la respiration par* L. Spallanzani, traduits en français d'aprés son manuscript inédit par J. Senebier. Genéve an XI (1803) p. 71 ff.

[2] W. F. Edwards, *De l'influence desagens physiques sur la vie.* Paris 1824. p. 12.

[3] *Annales de Chimie et de Physique.* III. Série. t. XXVI. p. 473 ff.

[4] Waldemar Berg, *Untersuchungen über die Hautathmung des Frosches.* Dorpat 1868.

Lungen ist ein Eingriff, welcher voraussichtlich den Gaswechsel des Frosches beeinflussen muss; die Verwundung, wie auch der Blutverlust sind nicht gering, selbst bei der grössten Vorsicht geht doch das in den Lungen befindliche Blut verloren. Diese Einwendungen behalten natürlich auch dann ihre volle Gültigkeit, wenn die Lungen durch die offene Stimmritze hervorgezogen und mit oder ohne vorgängiger Unterbindung ihrer Wurzeln mit der Scheere abgetragen werden, wie dies Schiff und nach ihm Fubini gethan haben.[1] Eben daher können auch auf diese Weise gemachte Versuche nicht ohne Weiteres genügen „den Antheil zu bestimmen, der unabhängig vom Lungenathmen dem Hautathmen unter der Einwirkung von Licht und Dunkel zukommt“, wie denselben Fubini feststellen wollte.[2]

Bidder[3] eliminirte die Lungenathmung dadurch, dass er den Frosch curarisirte und kam zu dem Schluss, dass der Gaswechsel zum grössten Theil durch die Haut besorgt wird, bei Winterfröschen zu $^3/_4$, bei Sommerfröschen zu $^2/_3$. Dies Verfahren konnte aber auch keine brauchbaren Resultate geben, da ja das Curare als solches den Stoffwechsel herabsetzt; wenn also der Gaswechsel curarisirter Frösche vermindert gefunden wurde, so beweist dies noch durchaus nichts betreffs der Rolle der Haut und der Lungen im Gaswechsel normaler, nicht curarisirter Frösche.

Gar keinen Erfolg weisen die auf das Ausschliessen der Hautathmung gerichteten Bestrebungen auf. Wenn Spallanzani die Haut der Frösche mit einem spirituösen Firniss überzog oder dieselben in mephitische Gase brachte und darauf die Thiere rasch sterben sah, so war dies gewiss nur eine Folge der Einwirkung des Spiritus bezüglich der Gase, nicht aber der Unterdrückung der Hautathmung. Als grausam und auch zwecklos muss jener Vorgang von Spallanzani und Edwards bezeichnet werden, bei welchem zur Ausschliessung der Hautathmung die Haut direct entfernt wurde. Edwards und Berg brachten, um die Hautrespiration zu eliminiren, Frösche bis an den Hals unter Wasser, später auch unter Oel. Man ging hierbei von der Annahme aus, dass wenig Wasser, wenn es nicht erneuert wird, die Hautathmung ausschliesst; doch es zeigte sich, dass nun das Wasser selbst einen Theil der ausgeathmeten Kohlensäure absorbirte. Das Oel schien direct schädlich auf die Haut einzuwirken. Thatsache ist es, dass ein jeder Frosch, der einmal zu einem Oelversuch gebraucht worden war, am andern Tag starb; auch waren die Resultate, welche Berg erhielt, widersprechend; einmal trat Verminderung, ein andermal bedeutende Vermehrung der ausgeschiedenen Kohlensäure auf. In gepulvertem Gummi

---

[1] J. Moleschott, *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere.* Bd. XII. S. 103.

[2] A. a. O. S. 270.

[3] Citirt nach W. Berg's *Untersuchungen* u. s. w. S. 24.

arabicum gewälzte Frösche verloren zur Lösung des Gummipulvers so viel Wasser, dass die Circulation beeinträchtigt wurde. Als nicht weniger unbrauchbar erwies sich das Ueberziehen des Frosches mit Spirituslack, mit Wasserglas, mit einer Auflösung von Dammarharz in Terpentinöl, mit Collodium und anderen ähnlichen Stoffen.

Aus den Ergebnissen der auf die angegebene Weise gemachten Versuche könnten als für die wichtige Bedeutung der Haut im Gaswechsel des Frosches nur hervorgehoben werden die Erfahrung, dass Frösche auch nach dem Entfernen der Lungen noch mehrere Tage lebten, und der Umstand, dass die ausgeschiedene Kohlensäuremenge nach Exstirpation der Lungen nur um $^1/_3$ bis $^1/_2$ geringer ward. Doch der Beweiskraft dieser Resultate lassen sich viele Bedenken entgegenstellen. Denn abgesehen von unseren gegen das Versuchsverfahren selbst erhobenen Einwänden ist ja bekannt, dass vollkommen entblutete Frösche noch 1—2 Tage leben, auch kann man nicht aus dem Vergleiche der Quantität der durch den unversehrten Frosch ausgeschiedenen Kohlensäure mit jener desselben Thieres nach Exstirpation der Lungen einen Schluss auf die Rolle der Haut bei der Kohlensäureausscheidung unter normalen Verhältnissen, bei unversehrten Thieren und functionirenden Lungen ziehen.

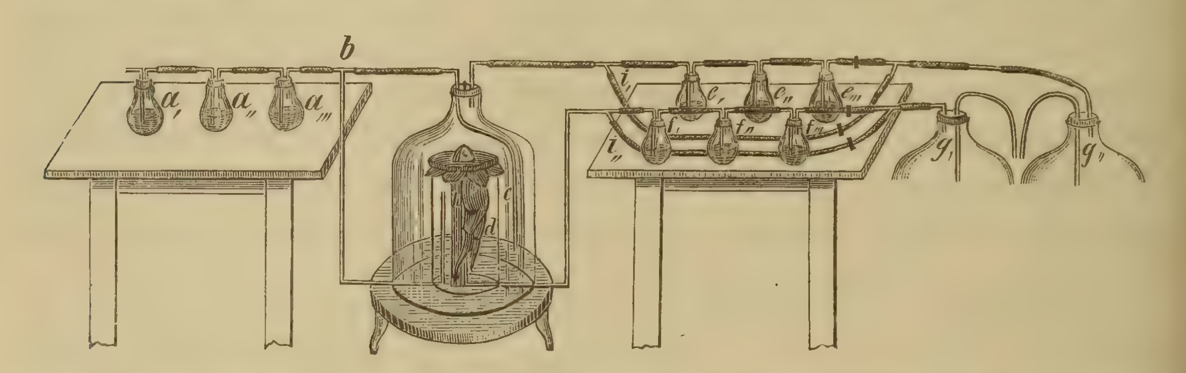
Ueberhaupt ist es nicht richtig, den Antheil der Lungen und der Haut beim Gaswechsel durch Versuche bestimmen zu wollen, bei welchen das eine oder andere der beiden Organe von der Athmung ausgeschlossen wurde. Denn alle Wahrscheinlichkeit spricht dafür, dass die Menge der durch die Haut bezüglich durch die Lungen ausgeschiedenen Kohlensäure eine wesentlich verschiedene sein wird, wenn beide Organe zugleich functioniren, als wie wenn das eine von beiden functionsunfähig gemacht oder sogar ganz entfernt worden ist; eine Ausnahme könnte nur in dem Falle stattfinden, wenn die Kohlensäure in überwiegendem Maasse durch das eine der beiden Organe exspirirt werden möchte, zum Beispiel durch die Haut.

Ich glaube, dass der Antheil der Hautathmung beim Gaswechsel des Frosches nur durch solche Versuche festzusetzen ist, bei welchen die durch die Lungen und die Haut ausgeathmete Kohlensäure gesondert, doch zu gleicher Zeit, an ein und demselben Thiere bestimmt wird. Diese Versuche könnten dann wohl noch durch Beobachtungen ergänzt werden, bei welchen man die durch die Haut ausgeschiedene Kohlensäure bestimmt, während durch die Lungen kein Gasaustausch erfolgt; natürlich muss hierbei der Ausschluss der Lungen ohne jede Verletzung derselben geschehen. Wir haben zu diesem letzteren Zweck eine gute Methode in der Durchschneidung der beiden N. vagi, wie wir dieselbe bereits an einer anderen Stelle[1]

[1] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1881. Nr. 53.

beschrieben haben, gefunden und die im Wesentlichen darin besteht, dass man die beiden N. vagi unmittelbar an der Stelle wo dieselben das For. condyloideum verlassen durchtrennt. Nach diesem Eingriff hört nämlich die Lungenathmung ganz auf und man findet die Lungen nach wenigen Tagen bereits vollkommen luftleer.

Zur Ausführung der Versuche habe ich den in der beistehenden Figur abgebildeten Respirationsapparat benutzt. Die mit *a, a,,* bezeichneten Glaskölbchen waren mit Kalilösung, das *a,,,* Kölbchen mit Barytwasserlösung gefüllt. Die Aussenluft gelangte durch diese Kölbchen, gereinigt von ihrer Kohlensäure, in den eigentlichen Respirationsapparat. Dieser Respirationsapparat besteht im Wesentlichen aus einer äusseren (*c*) und inneren (*d*) Glocke. Die unteren freien Ränder beider Glocken stehen in



je einer entsprechend kreisrunden Rinne eines Tischchens, welche mit Quecksilber ausgefüllt ist; hierdurch ist ein luftdichter Verschluss gesichert. Die äussere Glocke ist 20 cm hoch und 12 cm tief und endet oben in einen 3 cm weiten Hals; die innere (*d*) Glocke ist eigentlich ein Glascylinder von 12 cm Höhe und 8 cm Tiefe. Zwei Glasröhren führen durch den Kautschukpfropf, welcher die äussere Glocke verschliesst; das eine führt die kohlensäurefreie Luft in den äusseren Glockenraum, das andere aus diesem in den Aspirator. Zu dem gleichen Zweck sind zwei andere Glasröhren durch die Tischplatte in den inneren Glascylinder geleitet. Je eines dieser Glasrohrpaare, jenes das die Luft in den betreffenden Raum einführt, durchzieht das Innere des bezüglichen Glockenraumes, während das ausführende schon nahe seiner Eintrittsstelle endet; die Luft muss also den ganzen Hohlraum durchfliessen, um den Respirationsraum verlassen zu können.

Nahe am oberen Rande des inneren Cylinderglases befindet sich rundherum eine Furche, die dazu dient, damit diese obere Oeffnung mit einer starken Kautschukplatte luftdicht verbunden werden könne. In diesem Cylinder ist ferner noch ein Rahmen (*h*), auf welchem das Versuchsthier befestigt wird. In der Mitte der Kautschukplatte befindet sich eine kleine Oeffnung, durch welche der Kopf des Frosches in den Hohlraum der äusseren Glocke gesteckt ist, so dass, während die Luft des inneren Glascylinders

den Körper und die Extremitäten umspült, der Kopf mit der Luft der äusseren Glocke in Berührung steht. Da die Kautschukplatte stark, die Oeffnung in derselben aber klein ist, so schmiegt sich die Kautschukplatte fest um den Frosch an und schliesst die Luft der beiden Glockenräume vollkommen von einander ab.

Die aus dem Respirationsapparat durch die beiden Aspiratoren $g_{,}$ und $g_{,,}$ ausgesogene Luft zieht entweder direct in die Aspiratoren, oder durch die $e_{,} e_{,,} e_{,,,}$ und die $f_{,} f_{,,} f_{,,,}$ mit abgemessenen Mengen von Barytwasser gefüllten Kölbchen.

Damit der ganze Apparat in allen seinen Theilen luftdicht schliesse, hatten wir die Stöpsel und deren Seiten, sowie die verbindenden Kautschukschläuche und ihre Enden nach dem Vorgang Anderer mit einer Mischung von Wachs und Colophonium bestrichen; auch versäumte ich niemals, mich vor Beginn eines jeden Versuches noch besonders von dem allseitigen guten Verschluss, sowie davon, dass zwischen der Luft der beiden Glocken keine Communication besteht, zu überzeugen.

Wenn der Apparat auf diese Weise zum Versuch vorbereitet und das Versuchsthier eingestellt worden war, dann liess ich die Luft der beiden Glocken durch die Kautschukrohre $i_{,}$ $i_{,,}$ direct in die Aspiratoren streichen, und erst nachdem die ursprünglich in den Glocken gewesene Luft auf diese Art entfernt und durch kohlensäurefreie Luft ersetzt worden war, verschloss ich die Kautschukrohre $i_{,}$ $i_{,,}$ und leitete die Luft aus den Glocken durch das in den Kölbchen $e_{,}$ $e_{,,}$ $e_{,,,}$ und $f_{,}$ $f_{,,}$ $f_{,,,}$ befindliche Barytwasser in die Aspiratoren. Der Versuch dauerte stets 3 Stunden.

Nachdem der Versuch beendet war, bestimmte ich die von dem Frosch ausgeschiedene und von dem Baryumhydrat absorbirte Kohlensäure nach der maassanalytischen Methode in bekannter Weise. Da das von mir hierbei befolgte Verfahren dasselbe gewesen, welches unter Anderen auch R. Pott in sehr ausführlicher Weise beschrieben hat, so wäre es ganz überflüssig, auf eine Beschreibung desselben hier näher einzugehen; ich bemerke nur, dass ich mich der Rosolsäure als Indicator bediente.

Die Versuche führte ich in den Monaten November und December aus, an Fröschen, die mehrere Tage zuvor aus dem kalten Zimmer, in welchem wir dieselben aufzubewahren pflegen, in ein warmes Zimmer gebracht worden waren. Das Resultat derjenigen meiner Versuche, die durch keinen Unfall gestört wurden, führe ich in nebenstehender Tabelle auf.

Aus diesen Versuchen geht ohne Zweifel hervor, dass die Haut in der That ein sehr wichtiges Respirationsorgan des Frosches ist, ja dass dieselbe wenigstens während der Zeit, binnen der ich meine Versuche machte — also in den Wintermonaten — die Kohlensäureausscheidung sozusagen allein besorgt.

Zahl der Versuche	Datum der Versuche	Dauer in Stunden	Körpergewicht des Frosches in Grammen	Geschlecht des Frosches	Die durch den Kopf exspirirte a. Kohlensäure in Milligramm.	b. Kohlensäure auf 24 Stunden berechnet in Milligrm.	c. Kohlensäure in 24 Stunden auf 100 grm Körpergewicht in Milligrm.	Die durch den übrigen Körper exspirirte d. Kohlensäure in Milligramm.	e. Kohlensäure auf 24 Stunden berechnet in Milligrm.	f. Kohlensäure in 24 Stunden auf 100 grm Körpergewicht in Milligrm.	c : f.	Bemerkungen.
1	6. Dec. 1883	3	77	männl.	5·6	44·8	58·1	18·2	145·6	189·1	1:3·2	Frosch unversehrt.
2	17. Dec. 1883	3	78	männl.	13·0	104·0	133·3	33·6	268·8	344·6	1:2·5	„
3	2. Jan. 1884	3	111	männl.	7·5	60·0	54·0	26·4	211·2	190·2	1:3·5	„
4	29. Nov. 1883	3	92	weibl.	9·28	74·24	80·7	25·9	207·2	219·8	1:2·7	Beide N. vagi durchschn.
5	4. Dec. 1883	3	84·30	weibl.	4·9	39·2	46·5	19·7	157·6	186·9	1:4·0	„
6	12. Dec. 1883	3	83·5	männl.	5·7	45·6	54·7	20·6	164·8	197·3	1:3·6	„
7	11. Dec. 1883	3	104·5	männl.	3·5	28·0	26·8	12.4	99·2	94·9	1:3·5	Beide N. vagi durchschn., der Frosch starb während des Versuches.
8	31. Dec. 1883	3	82	weibl.	5·5	44·0	53·6	24·2	193·6	236·1	1:4·4	Frosch unversehrt, die Kautschukmembran schliesst genau über den Augen den inneren Raum von dem äusseren ab.
9	24. Nov. 1883	3	177	weibl.	3·88	31·04	17·5	17·4	139·2	78·6	1:4·46	Beide N. vagi durchschn., die Kautschukmembran wie bei Nr. 8.

Bei den Versuchen, die mit Nr. 1—3 bezeichnet sind, umschloss die Kautschukmembran den Hals des Frosches unmittelbar unter dem Mundwinkel und dem Trommelfell. In diesen Fällen verhielt sich die durch die Kopfhaut und eventuell auch durch die Lungen ausgeathmete Kohlensäure zu der durch die übrige Körperhaut ausgeschiedenen wie 1 : 3·2, 1 : 2·5 und 1 : 3·5, also im Mittel wie 1 : 3·07. Wenn die Lungenathmung durch die Durchtrennung der beiden N. vagi ausgeschlossen wurde, wie dies bei den Versuchen Nr. 4—6 der Fall war, so erhielt ich das Verhältniss wie folgt: 1 : 2·7, 1 : 4.0 und 1 : 3·6, im Mittel 1 : 3·43. Wie man sieht, ist die Abweichung der Ergebnisse beider Versuchsreihen höchst gering.

Wie wenig Kohlensäure überhaupt durch die Lungen ausgeathmet wird, ist am besten zu ersehen, wenn man die während der beiden Versuchsreihen durch die Kopfhaut, bezüglich die durch Kopfhaut und Lungen binnen 24 Stunden, auf 100^{grm} Körpergewicht berechnet, ausgeschiedenen Kohlensäuremengen mit einander vergleicht. Nach den Resultaten der Versuche 4—6 beträgt die allein durch die Kopfhaut ausgeschiedene Kohlensäure 80·7, 46·5 und 54·7, in Summa also 181·9^{mgrm}, während nach den Ergebnissen der ersten drei Versuche (1—3) die durch Kopfhaut und Lungen zusammen ausgeathmete Kohlensäure 58·1, 133·3 und 54, zusammen 245.4^{mgrm} ausmacht. Es war also die durch die Kopfhaut allein ausgeschiedene Kohlensäure der drei ersterwähnten Fälle (4—6) in Summa nur um 63·5^{mgrm} geringer, als die jener drei Fälle (1—3), in welchen die Lungen auch mitgewirkt hatten; demnach betrug die durch die Lungen ausgeathmete Kohlensäure nur etwa $^1/_3$ der durch die Kopfhaut allein ausgeschiedenen.

Aehnliches zeigen auch die unter 7—9 angegebenen Versuche an. In dem Versuch 7 starb der Frosch, dessen N. vagi durchschnitten waren, während des Versuches, daher derselbe überhaupt sehr wenig Kohlensäure aussonderte. Auch in diesem Falle verhielt sich aber die durch die Kopfhaut ausgeschiedene Kohlensäure zu der durch die übrige Körperhaut abgesonderten wie 1 : 3·5.

Die Versuche 8 und 9 waren von den übrigen dadurch wesentlich verschieden, dass die Kautschukmembran in denselben den Kopf unmittelbar über den Augen umschloss, demnach um ein Bedeutendes höher als in den anderen Fällen, bei welchen dieselbe unter dem Mundwinkel und dem Trommelfell hinzog. In diesen Versuchen befand sich also nur ein Theil und zwar der kleinere Theil der Kopfhaut in dem äusseren Glockenraum. Dabei unterschieden sich beide Versuche auch von einander dadurch, dass der Frosch in Versuch Nr. 8 unversehrt war, während jenem in Nr. 9 die beiden N. vagi acht Tage vor dem Versuche durchschnitten worden waren.

In dem Versuch Nr. 9 verhielt sich die durch die Haut des freien Kopfendes ausgeschiedene Kohlensäure zu jener, welche die Haut des übrigen Körpers aussonderte, wie 1 : 4·46, während dasselbe Verhältniss in dem Versuch Nr. 8, bei welchem die Lungenathmung nicht gestört war, sich wie 1 : 4·40 verhielt. In beiden Fällen war also die durch die Kopfhaut ausgeschiedene Kohlensäuremenge um ein Bedeutendes geringer, als in den vorangegangenen Versuchen (1—7); der Mangel der Lungen in dem einen Falle war durch einen so geringen Unterschied der ausgeathmeten Kohlensäure angedeutet, so dass er gar nicht in Betracht gezogen werden kann (0·06).

Es ändert also eine geringe Veränderung der Grösse der respirirenden Hautfläche die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure in viel auffallenderer Weise als das Ausschliessen beider Lungen, daher müssen wir auch die Haut als ein sehr wichtiges Respirationsorgan des Frosches bezeichnen. Dieselbe bestreitet im Winter den Gaswechsel beinahe ganz allein. Im Sommer, wenn sich die Frösche gut nähren, im Freien reichlich Bewegung machen, demnach ihr ganzer Stoffwechsel ein reger ist, mag auch der Lungengaswechsel ein lebhafterer sein. Doch wird nach meinen bisherigen Erfahrungen zu urtheilen die Lungenathmung im Vergleich zur Hautathmung immer nur eine geringe bleiben; ein regerer Gaswechsel dürfte durch die Lungen nur dann stattfinden, wenn die Frösche durch lebhaftes Quaken die Lungenluft in rascherem Tempo erneuern. Nach den zwischen Haut- und Lungenathmung von uns beobachteten Verhältnisse wird auch zur Erhaltung des Lebens die Hautathmung allein bei weitem früher genügen als die Lungenathmung, ja, man kann mit Bestimmtheit sagen, dass die Lungen allein zur Erhaltung des Gaswechsels bei Fröschen ungenügend wären; — der Frosch ist bei dem Mangel eines Diaphragmas und Brustkorbes nicht im Stande, die Luft seiner Lungen in solchem Maasse zu erneuern, als dies zur Erhaltung seines Lebens nöthig wäre.

Ueber die Endigungsweise der Nerven im Epithel der Kaulquappen.

Von

Paulus Mitrophanow,
Assistenten am histologischen Kabinet der Universität zu Moskau.

(Hierzu Taf. II.)

Schon längst wurde die Aufmerksamkeit der Histologen auf die Hautnerven der Kaulquappen und vorzüglich auf die der Schwanzflossen gelenkt. Hier wurden zuerst die Nervenendigungen im Inneren der Epithelzellen gezeigt.

Eberth,[1] der im Jahre 1866 die Entwickelung der Gewebe im Schwanze der Froschlarven studirte, gab uns eine höchst getreue und ausführliche Beschreibung besonderer Gebilde, welche er zuerst in der unteren Schicht cylindrischer Basalepithelzellen des Froschlarvenschwanzes bemerkte. Er hielt dieselben für ein Product der Zellsubstanzmetamorphose, bestimmte ihre Entwickelung und betrachtete sie als Gebilde *sui generis*; Aehnliches wird im Epithel der Fische (Petromyzon, Myxine) beobachtet. Eberth hielt sich nicht für berechtigt, diese Gebilde positiv für Nervenendigungen anzunehmen, obgleich dieser Gedanke nahe lag und ihm vorschwebte.

Bedeutend später beschrieb Leydig[2] Zellen mit gleichen Gebilden (fadige Bildungen) im Epithel der Larve von Pelobates fuscus und Hyla arborea und, indem er ihnen eine besondere Rolle in der Hautsecretion zurechnet, belegte er sie mit dem Namen Byssuszellen.

---

[1] Eberth, Zur Entwickelung der Gewebe im Schwanze der Froschlarven. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. II. S. 490. Taf. XXII, *A. B.* Taf. XXV ff. 1, 2, 7—25.

[1] Fr. Leydig, Neue Beiträge zur anatomischen Kenntniss der Hautdecke und Hautsinnesorgane der Fische. *Festschrift zur Feier des hundertjährigen Bestehens der naturforschenden Gesellschaft in Halle.* 1879.

In der Litteratur des vorigen Jahres finden wir wieder einen Hinweis auf die intracellulären Gebilde von Eberth in W. Pfitzner's Arbeit,[1] in welcher derselbe, nach einer neuen von ihm selbst empfohlenen Methode die Haut der Froschlarven beobachtend, beweisen wollte, dass die Gebilde nichts Anderes, als intraepitheliale Nervenendigungen seien, obgleich seine Abbildungen, wie es scheint, schematisch sind, und sehr von Eberth's und Leydig's Zeichnungen und Beschreibung abweichen.

Der Gedanke einer Nervenendigung im Inneren der Epithelzellen wurde zum ersten Mal von Hensen[2] auf Grund seiner Beobachtungen geäussert. Nach seiner Meinung enden im Kernkörperchen jeder Epithelzelle des Froschlarvenschwanzes feine Nervenfäden. Dieselben Thatsachen dienten ihm unter Anderem zur Begründung seiner bekannten Theorie der Nervenentwickelung. Leider erfreuten sich Hensen's Beobachtungen keines grossen Beifalls, um so weniger, als im Gefolge der fast gleichzeitigen Untersuchungen von Hoyer und von Cohnheim,[3] eine ganze Reihe von Arbeiten über die Nerven der Cornea erschien, welche bewiesen, dass hier die Nervenfasern zwischen den Zellen frei mit kleinen Anschwellungen enden (Ranvier).[4] Demzufolge ist es verständlich, dass die von Pfitzner kategorisch ausgesprochene Meinung ein grosses Interesse erregte. Er behauptet:[5] „In jede dieser Basalzellen treten von der Basis her zwei Fasern ein, meistens ziemlich weit entfernt von einander. Die Fasern enden mit einer leichten knopfförmigen Anschwellung“ u. s. w. Diese Beobachtung führte zu folgenden Resultaten: erstens, dieselbe Nervenendigungsweise wurde durch Pfitzner nicht nur bei anderen Thieren, sondern auch im Stratum Malpighii der menschlichen Haut constatirt, und zweitens wurde ihm die Möglichkeit gegeben, eine neue Hypothese über die Nervenendigung in der Haut zu begründen, eine Hypothese, welche Anspruch auf eine allgemein physiologische Bedeutung macht. Dieser Arbeit wurde einerseits mit einer sehr grossen Vorsicht und mit Misstrauen begegnet

---

[1] W. Pfitzner, Nervenendigung im Epithel. *Morphologisches Jahrbuch.* 1882. Bd. VII. S. 726. Taf. XXXIII.

[2] Hensen, Ueber die Entwickelung des Gewebes und der Nerven im Schwanze der Froschlarven. Virchow's *Archiv.* 1864. Bd. XXXI. S. 51—75. Taf. I, II. — Derselbe, Ueber die Nerven im Schwanze der Froschlarven. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* 1868. Bd. IV. S. 111—128. Taf. VIII, IX.

[3] Hoyer, Ueber den Ausstritt von Nervenfasern u. s. w. *Dies Archiv,* 1866 und *Archiv für mikroskopische Anatomie* Bd. IX. — Cohnheim, Ueber die Endigung der sensiblen Nerven in der Hornhaut. Virchow's *Archiv.* 1867. Bd. XXXVIII. S. 343. Taf. XI u. XII.

[4] Ranvier, *Traité technique d'histologie.* (1882. 6 Fasc.) Russ. Ausgabe. 1883. S. 1039.

[5] A. a. O. S. 732.

(Schwalbe),[1] andererseits hielt man dieselbe für eine glaubwürdige Untersuchung, welche durch Prof. Unna's Abhandlung[2] einen noch grösseren Werth bekam.

Derselbe constatirte, dass je zwei Nervenendigungen in jeder Zelle des Rete Malpighii sich befinden, und obendrein beschrieb er noch Nervenendigungen, die frei zwischen den Zellen liegen.[3]

In einem unlängst erschienenen Artikel, den Dr. Canini unter Dr. Gaule's Mitwirkung schrieb, finden wir einige Bemerkungen und Ergänzungen zur Frage über die Endigungen und Verbreitung der Nerven in der Haut des Froschlarvenschwanzes.

Dr. Canini,[4] welcher nach Pfitzner's Verfahren arbeitete, zeigte im Epithelium der Kaulquappe Gebilde, die aber durch ihre Verbreitungsweise und Form von denjenigen von Pfitzner beschriebenen bedeutend differiren. Dessen ungeachtet hält Canini dieselben für identisch und denkt, dass man die intracellulären Gebilde und die Nerven mit Hülfe feinster Fasern, welche die sogenannte Basalmembran, das embryonale Corium, durchbohren, in Verbindung bringen kann. Gerade darin sieht Canini sein Verdienst, da bei Pfitzner die Verbindung der intracellulären Gebilde mit den Nerven noch dem Zweifel unterliegt; dieser Meinung stimmt auch W. Flemming;[5] der Pfitzner's Praeparate sah, bei.

Dr. Gaule, der Canini's Arbeit vollenden wollte, bemüht sich durch die Beschreibung des Nervenverlaufs im Schwanze der Kaulquappen die

---

[1] Schwalbe, *Lehrbuch der Anatomie der Sinnesorgane.* 1883. S. 35.

[2] Unna, Die Nervenendigung in der menschlichen Haut. *Monatshefte für praktische Dermatologie.* 1882. Bd. I. S. 225.

[3] Ueber die Arbeit des letztgenannten Forschers machte Dr. Wolf einige Bemerkungen. (Die Tastkörperchen. *Monatshefte für praktische Dermatologie.* 1883. Bd. II. Nr. 1, 2 und: Ueber Tastkörper und einige andere Nervenendigungen, in den Verhandlungen der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin, Sitzung am 12. Januar 1883. In *diesem Archiv*, 1883. S. 128. Indem er kritisch die existirenden Methoden der Untersuchung der Hautnerven durchnimmt und indem er sein eigenes Verfahren, welches in der Anwendung recht schwacher Goldchloridlösungen besteht, empfiehlt, kommt er zu der Ueberzeugung, dass die Nerven nicht nur in die Zellen, sondern überhaupt in das Epithel nicht eintreten; folglich kommen die Tastnerven unter das Epithelium in den Bindegewebspapillen zu liegen. Diese seine Ueberzeugung war so sicher, dass sie ihn zwang, seine früheren Untersuchungen der Corneanerven als irrig anzuerkennen. (*Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. XX. S. 373.)

[4] A. Canini, Die Endigungen der Nerven in der Haut des Froschlarvenschwanzes. *Dies Archiv.* 1883. S. 148, Taf. III.

[5] W. Flemming, *Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung.* S. 174 in der Anmerkung 1: „Zusammenhänge dieser Fasern mit Nerven in der Cutis waren an den Objecten, die ich gesehen habe, nicht deutlich erkennbar"... u. s. w.

Widersprüche, welche in Eberth's[1] und Hensen's[2] Beschreibungen hinsichtlich desselben Objects existiren, auszugleichen. Seiner Meinung gemäss giebt es einen Fundamentalplexus mit gröberen Maschen und einen secundären Subepithelialnervenplexus mit engerem Maschennetz, das sich in Verbindung mit den Fortsätzen der Bindegewebszellen setzt. Die Maschen des secundären Nervenplexus entsprechen den Grenzen der Epithelialzellen; aus kleinen knopfförmigen Anschwellungen des secundären Plexus steigen zum Epithelium Fasern hinauf, welche von Canini entdeckt wurden und in einer Verbindung mit den intracellulären Gebilden stehen.

So könnte man denken, dass durch die eben angeführten Arbeiten über die Endigung der Nerven in der Haut die Frage ganz gelöst sei; indem aber diese Forscher die Anwesenheit von zwei Nervenfädchen in der Epithelzelle und die Art des Durchdringens der Nerven in dieselbe nach Pfitzner verneinen, lassen sie diese Frage unbeantwortet und sind im Zweifel, ob eine Verbindung der intracellulären Gebilde von Eberth mit den Nerven existiren und ob überhaupt diese Fäden nervöser Natur seien.

Als ich diesen Sommer meine Arbeit begann, konnte ich mich bald von der Anwesenheit der so mannichfaltig von vielen Autoren beschriebenen Gebilde in den Basalzellen des Froschlarvenschwanzes der Rana esculenta überzeugen. Einige Abweichungen in Eberth's und Leydig's Abbildungen liessen sich durch die Verschiedenheit der untersuchten Thiere leicht erklären. Was aber Pfitzner und Canini, welche allem Anscheine nach dieselbe Thierart wie ich benutzt haben, anbetrifft, so haben beide die intracellulären Gebilde in einem höchst deformirten Zustande und, wie es scheint, in verschiedenen Perioden ihrer Entwickelung abgebildet.

Auf Grund eines langen Studiums meiner zahlreichen Praeparate, welche nach den verschiedensten Methoden hergestellt wurden, finde ich, dass dieselben vollständig mit Eberth's und Leydig's Abbildungen und Beschreibung stimmen; auch was ihre mannigfaltige Erscheinungsweise anbelangt, habe ich nichts Neues hinzuzufügen. (S. den Holzschnitt und Fig. 4 auf Taf. II.)

Wie konnte aber Pfitzner es wagen, diese Gebilde in einer so bestimmten Form darzustellen und dieselben für Nervenendigungen auszugeben, da andere erfahrenere Forscher dazu nicht den Muth hatten?

Hier kann ich ganz dreist behaupten, dass Pfitzner durch seine Methode irregeleitet wurde. Er gebrauchte Goldchlorid nach Chromsäure, und dabei wurden die intracellulären Gebilde violett gefärbt; da nun das

---

[1] A. a. O. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. II.

[2] A. a. O. Virchow's *Archiv.* Bd. XXXI; — *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. IV.

Goldchlorid nur das Nervengewebe electiv färbt, mussten seiner Meinung nach jene Gebilde Nerven sein. (S. Taf. II, Fig. 4 *x*.)

Wenn wir noch den von Eberth aufgestellten Satz in's Auge fassen, dass das Goldchlorid die von ihm beobachteten Gebilde nicht tingirt, so wird schon dies allein in uns Zweifel über die Tauglichkeit von Pfitzner's Verfahren für die Untersuchung von Nerven erwecken. Und in der That zeigt es sich, dass nach Chromsäure Gold mehr oder weniger fast alle Gewebebestandtheile, die Nerven aber am schwächsten electiv färbt. Nachträgliche Färbung mit Safranin bringt die Kerne, Nerven, Bindegewebsfädchen und die intracellulären Gebilde deutlicher zum Vorschein. Aus dem oben Gesagten folgt, dass Pfitzner's Verfahren überhaupt als eine wunderschöne elective Färbung der animalischen Gewebe empfohlen werden kann, aber in keinem Falle als eine speciell die Nerven elegirende Tinction.

Der Hauptfehler dieses Verfahrens bestand darin, dass es unmittelbar zur Untersuchung eines unbekannten Objectes benutzt wurde, ohne vorerst an einem gut bekannten Objecte geprüft worden zu sein.

Alles Gesagte passt vollständig auch für Canini's Arbeit, aber nur mit dem Zusatz, dass man mit der von ihm angeführten Methode seine Fäden, welche die Basalmembran durchdringen, höchst selten zur Ansicht bekommt; geschieht es einmal, so gelingt es doch nicht, eine Verbindung zwischen diesen Fäden und den intracellulären Gebilden zu beobachten. Sie sind folglich nichts Anderes, als senkrechte Fasern derselben Basalmembran.

Alles über die Eberth'schen intracellulären Gebilde[1] Gesagte zusammenfassend, erhalten wir folgende Resultate:

1) Diese Gebilde kommen nur in den basalen Cylinderzellen der unteren Epidermisschicht der Kaulquappe vor.

2) Man trifft sie hauptsächlich in dem Falle, wo das Epithelium der Kaulquappe nur aus zwei Schichten: den oberen flachen Zellen und den unteren Basalzellen, besteht.

3) Kommen diese Gebilde in einigen Fällen in der Mehrzahl der Cylinderzellen vor, so können sie andere Male in vielen Zellen vermisst werden, was in den spätesten Stadien der Entwickelung sogar die Regel ist.

4) Die Zellen, in deren Innerem diese Gebilde sich finden, zeichnen sich stets durch einen ganz bestimmten Charakter aus. Sie erscheinen immer mehr hell und durchsichtig, da ausser dem Kern, der hier hauptsächlich in dem oberen, der Peripherie zugekehrten Theile der Zelle sich

[1] Ich erlaube mir diese Gebilde nach dem Namen ihres ersten Entdeckers zu nennen.

befindet, und den genannten Gebilden in den Zellen nichts Anderes existirt, was den Farbstoff aufnehmen könnte. Diese Zellen sind von bedeutender Grösse. Mit dem einen Ende sitzen sie der Basalmembran (dem embryonalen Corium) an; mit dem anderen, gewöhnlich etwas erweiterten, den Kern tragenden Ende berühren sie die flachen Zellen der oberflächlichen Hornschicht.

5) Diese Gebilde zeigen die von Eberth angegebenen Formverschiedenheiten. Der obere Theil der Bildung scheint nicht selten den Kern zu umfassen, der untere, grösstentheils verschmälerte Theil strebt der bindegewebigen Schicht der Haut zu, die er aber oft nicht erreicht.

6) Es können diese Gebilde zu zweien in derselben Zelle vorkommen. Allem Anschein nach war es dieser Fall, der Pfitzner den ersten Anstoss zur Gründung seiner glänzenden Theorie der doppelten Nervenendigungen in Epithelialzellen gab. (Taf. II, Fig. 4.)

7) Nach einer Bearbeitnng mit schwachen Chromsäurelösungen werden die Gebilde durch Goldchlorid, Haematoxylin, Alauncarmin, Safranin und andere Farbstoffe tingirt.

8) Frisch untersucht brechen die Gebilde das Licht mehr als alle anderen Zellbestandtheile.

9) Im frischen Zustande genommen werden die Gebilde von Goldchlorid gar nicht tingirt. Mit schwachen Essigsäure- und Ameisensäurelösungen bearbeitet quellen sie etwas auf.

10) Die Fäden, welche von Canini beschrieben sind und welche zur Verbindung der Eberth'schen Schilde mit den Nerven dienen sollen, haben weder mit Nerven, noch mit den Gebilden etwas zu thun. Es sind einfach senkrecht aufsteigende Fasern der bindegewebigen Basalmembran.

11) Dem Obengesagten zufolge müssen wir den Eberth'schen Gebilden eine Nervennatur absprechen. Wie sie zu deuten seien, wissen wir nicht.

Gewiss haben wir hier mit einem von den räthselhaften Gebilden, von welchen auch Leydig spricht und welche in anderen Fällen unter verschiedenen Namen (Nebenkerne, Dotterkerne u. s. w.) beschrieben worden sind, zu thun. Mit einem Wort, Pfitzner's und Canini's Angaben über Nervenendigungen im Epithelium und im Inneren der Zellen sind zurückzuweisen. Was von diesen Forschern als Nervenendigungen gedeutet worden ist, hat mit den Nerven Nichts zu thun. Freilich erhebt sich nun die Frage, wo sind hier die echten Nerven zu finden und in welchen Beziehungen stehen sie zu den Epithelialzellen?

Wolf[1] entscheidet in seiner oben citirten Arbeit die Frage über die Nerven im Epithelium ziemlich einfach, da er überhaupt intraepitheliale Nerven leugnet. Diese Auffassung scheint mir aber eine ebenso übertriebene zu sein, wie die entgegengesetzte von Nervenendigungen im Inneren der Epithelialzellen.

Auf die Analogie der freien Nervenendigungen, die im Epithelium der Hornhaut beschrieben sind, sowie der Nervenendigungsweise in den speciellen Nervenendapparaten (Meissner'schen, Pacini'schen, Grandry'schen u. a. Körperchen) mich stützend, hoffte ich etwas Aehnliches auch im Epithelium der Kaulquappe zu finden.

Diesen Stand der Dinge im Auge, entschloss ich mich die Nerven des Kaulquappenschwanzes durch eigene Untersuchungen nochmals zu verfolgen, indem ich eine bei Untersuchung von Nerven schon vielfach bewährte Methode wählte, nämlich die Bearbeitung des Gewebes im frischen Zustande mit Goldchlorid. Jeder, der mit diesem Reagens gearbeitet hat, weiss wohl, von welch einer Menge ganz besonderer Bedingungen hier der glückliche Erfolg abhängt. Was die Lösung des Goldchlorides selber betrifft, so wirkt das Reagens, wenn es rein ist, auf das frische Gewebe immer constant, indem es hauptsächlich Nerven elegirt. Die Unbeständigkeit der Resultate wird bedingt: *a.* durch Unsauberkeit der Manipulation; *b.* durch Verschiedenheit der reducirenden Medien; dieselben sind für verschiedene Gewebe verschieden; *c.* endlich durch Verschiedenheit der Lösungen und der Zeit, während welcher das Object im Reagens verbleibt. Was die letzten zwei Bedingungen betrifft, sie lernt man nur durch lange Erfahrung sie zu beherrschen. Am besten bedient man sich einer $^1/_2$procentigen (wie auch $^1/_4$ und 1procentigen) Goldchloridlösung; zum Reduciren nehme man eine $^1/_4$—$^1/_2$procentige Essigsäure und 5—16procentige Ameisensäurelösung.

Da die Kaulquappenschwänze so dünn und durchsichtig sind, so hoffte ich das Problem auf Flächenpraeparaten zu lösen, weil es dabei möglich ist, das Object *in toto* zu beschauen. Ich meinte auch, es würde rationeller sein, das Gewebe ganz frisch mit Goldchlorid zu bearbeiten, ohne es vorher ein wenig zu säuern. Eine vorhergehende Säurung ist bei mehr compacten Geweben zu empfehlen. Zum Reduciren musste ich daher das am meisten aufklärende Medium wählen.

Dem Obengesagten zufolge wurde die frisch abgeschnittene Schwanzflosse der Kaulquappe, nachdem sie etwas in destillirtem Wasser gewaschen worden war, in eine $^1/_4$procentige Goldchloridlösung in einem Uhrgläschen mit einem Tropfen Salzsäure dazu eingelegt; hier verblieb sie während etwa einer Stunde. Danach wurde das Object nochmals in destillirtem Wasser

[1] W. Wolf, a. a. O. *Monatshefte für praktische Dermatologie,* Bd. II.

gewaschen und in eine Lösung von Ameisensäure (1 Theil Säure auf 6 Theile Wasser) eingelegt. Bei dieser Concentration wird das Gold prachtvoll reducirt; das Gewebe wird dabei aufgehellt, ohne zu sehr macerirt zu werden. Wenn man zwei Tage nachher das Praeparat in Glycerin einbettet, so kann man es bequem mikroskopisch untersuchen. Dabei ist es möglich, wenn man will, die Flosse *in toto* mit allen ihren Epithelialschichten zu untersuchen; man kann aber auch die oberste Schicht der flachen Epithelzellen beseitigen, oder das ganze Epithel abnehmen, um es, so wie auch das bindegewebige Gefüge, getrennt zu untersuchen.

Nach dieser Methode bearbeitet, wird das Object im Ganzen violett röthlich gefärbt. Das Protoplasma der Epithelialzellen wird dabei sehr schwach tingirt; ihre Kerne kommen zum Vorschein hauptsächlich wegen der aufhellenden Wirkung der Ameisensäure. Die Hornschicht bekommt eine schwache bläuliche Färbung. Karyokinetische Fäden, sowie auch die Eberth'schen Gebilde bleiben farblos. Die Körper der Bindegewebezellen, sowie auch der Wanderzellen werden intensiv violett gefärbt, wobei sie eine etwas rosenrothe Schattirung annehmen. Die Bindegewebsfasern, sowie auch die Gefässe bleiben durchaus ungefärbt. Die Nerven, die sich mehr als alle anderen Gewebe intensiv violett gefärbt haben, treten sehr scharf hervor.

Nehmen wir das Epithel ab und untersuchen wir nur das bindegewebige Gefüge der Schwanzflosse, so haben wir vor uns das ganze Bild der Nervenvertheilung, bez. des Nervengeflechtes, das von Eberth und Hensen so ausführlich beschrieben und von Dr. Gaule nach der von Ranvier gebrauchten Terminologie als Fundamentalplexus bezeichnet ist. Es ist das einzige hier zu findende Geflecht (Taf. II, Fig. 2), da das secundäre Gaule'sche (als ein Nervengeflecht) in Wirklichkeit nicht existirt. Es scheint, dass dieser Forscher dasjenige Netz gesehen hat, welches die Fortsätze der verzweigten Bindegewebezellen bilden, die unter der Basalmembran liegen, und nach Babuchin in vielen Fällen die Rolle von Nervenscheiden spielen, wie es bei der Bildung der Schwann'schen Scheide auch leicht zu beobachten ist. Ebenso verfehlt ist sicher die Darstellung der Nerveneintheilung im Schwanze des Bombinator igneus seitens Götte.[1]

In den Praeparaten, wo ausser dem Bindegewebe auch das Basalepithel erhalten ist, geben die dünneren Nervenfasern, welche die kleinsten Maschen des Geflechts bilden, äusserst feine violette marklose Nervenfäden mit nadelknopfförmigen Anschwellungen auf den Boden ab, die durch die ganz durchsichtige Basalmembran in das Epithel eindringen[2] (Taf. II,

[1] Al. Götte, *Entwickelungsgeschichte der Unke.* S. 516. Taf. XII, Fig. 213, 220.

[2] In einigen Fällen findet man in dem Nervengeflechte dort, wo die Nervenendfäden absteigen, kleine knotige Verdickungen. Diese Erscheinung ist jedoch nicht constant.

Figg. 1 u. 2 n, n'). Diese Anschwellungen liegen hauptsächlich in dem Niveau der Basalzellenkerne, also dem oberen Ende dieser Zellen näher, beinahe unmittelbar unter der Hornschicht. Von einer und derselben Stelle des Nerven können auf einmal ein, zwei, drei Nervenendfäserchen abgehen (Taf. II, Fig. 1 von oben), die eben die echten Nervenendigungen des Kaulquappenepithels sind. Um es näher zu prüfen, ist es nützlich das Epithel allein ohne das Bindegewebe zu studiren. Bequemer ist es das Epithel so zu legen, dass die oberflächliche Hornschicht dem Objectträger, die Basalschicht dem Deckgläschen zugekehrt ist. In diesem Falle (Taf. II, Fig. 3) sieht man bei der allerhöchsten Einstellung des Mikroskoptubus nur die Grenzen der Basalzellen mit violetten Punkten, die hier und da zwischen ihnen eingestreut sind (Taf. II, Fig. 3 n). Senkt man den Tubus, so bekommt man die Kerne der Basalzellen zu sehen. Die obengenannten Punkte verschwinden nicht bei der Senkung des Tubus, im Gegentheil sie werden dabei grösser. Ohne Zweifel sind diese Punkte nichts Anderes als optische Querschnitte der senkrecht zwischen den Zellen stehenden Nervenendfasern mit Endknöpfchen. Hier und da sind die Nervenendchen etwas eingesenkt, so dass das interepitheliale Nervenfäserchen auf einmal mit dem Endknöpfchen zu sehen ist. Senkt man den Tubus noch mehr, so bekommt man die Zellen der Hornschicht zu sehen (Taf. II, Fig. 3 a'). Die Nervenendchen verschwinden dabei allmählich und es bleiben keine Fortsetzungen von ihnen.[1] Auf solchen Praeparaten sieht man in den Cylinderzellen gleichzeitig mit den intercellulären Nervenendigungen auch die optischen Durchschnitte der Eberth'schen Gebilde; dieselben sind bei der genannten Bearbeitung kaum sichtbar, und sehen wie intracelluläre, mehr das Licht brechende Vacuolen aus (Taf. II, Fig. 3 x). Sie treten schärfer an den Stellen des Praeparates auf, welche stärker der Säurewirkung unterworfen waren, und daher eine bläuliche Schattirung angenommen haben (Taf. II, Fig. 3).

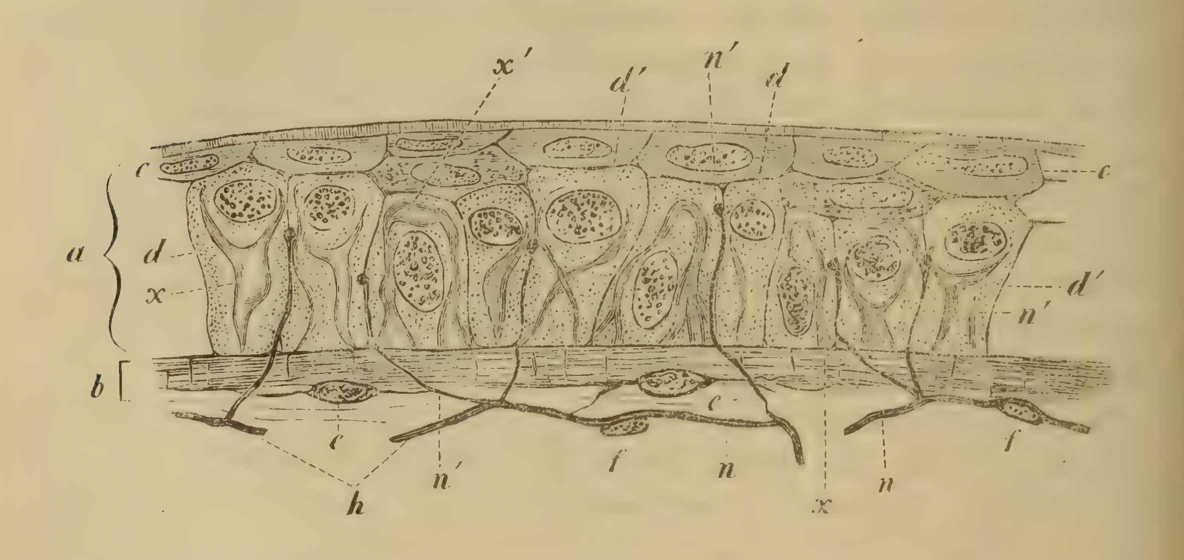
Nach einem genauen Studium der eben beschriebenen Praeparate bleibt kein Zweifel mehr über die Beziehungen der sensibeln Nerven zum Epithelium.

Sogar Querschnitte durch die Haut der Kaulquappe, wie man dies aus der Vertheilung der Nervenendigungen sieht, konnten von keinem besonderen Nutzen beim Studium derselben sein, da man nur durch Zufall aus der grossen Zahl von Schnitten auf ein Praeparat, welches den Zusammenhang der intercellulären Nervenendigungen mit den echten Nerven demonstrirt, gelangt.

---

[1] Alle oben genannten Einzelheiten kann man mit Hartnack's Obj. Nr. 7 Ocul. Nr. 3 beobachten; ich stellte meine Untersuchungen mit Hartnack's Obj. Nr. 9 ein.

Der allgemeine Eindruck, den das Studium dieser Praeparate macht, ist folgender: je zwei oder drei Zellen schliessen an ihrer Berührungsstelle eine oder zwei Nervenendigungen zwischen sich ein, so dass jede Zelle der Basalschicht an einer ihrer Seiten mit dem Nerven in Berührung kommt. Die Klarheit des Bildes ist so frappant, dass, wie mir scheint, wir die Endigungen der Nerven nicht im Inneren der Zelle zu suchen brauchen.



Ein schematischer Schnitt durch die Haut der Kaulquappe mit den intercellulären Nervenendigungen.

a — Epidermis.
b — Corium. Hie und da bemerkt man die senkrecht aufsteigenden Bindegewebsfasern (Canini'sche Fasern).
c — Oberflächliches Plattenepithel.
d — Cylindrische Basalzellen mit ihren Kernen hauptsächlich im oberen Theile und mit den intracellulären Eberth'schen Gebilden — *x*.
d' — Basalzellen mit den doppelten Eberth'schen Gebilden; ganz gewiss war es ein solcher Fall, der von W. Pfitzner beobachtet wurde.
e — Bindegewebszellen mit ihren grossen Kernen und gezweigten Fortsätzen. Von der Seite gesehen.
n — Nervenfasern des Plexus mit den Kernen der Schwann'schen Scheide (*f*).
n' — Interepitheliale Nervenendigungen.

Die oben beschriebene Thatsache: das Verhalten der Nerven zu den Epithelzellen in der Haut der Kaulquappe und intercelluläre Nervenendigung im Epithel der Cornea und der Haut der höheren Thiere, ebenso die Nervenendigungsweise in den speciellen Tastkörperchen (von Meissner, Pacini, Grandry u. A.) berechtigen uns zu folgendem Schlusse: der Nerv dringt nicht in eine Epithelzelle ein, er kommt mit derselben nur in Berührung.

Dies Resultat gestattet den Schluss, dass Unna's Beobachtungen über das Verhalten der Nervenenden zum Stratum Malpighii des Menschen irrig sind, und dass man einen allgemeinen Typus der Endigung sensibler Hautnerven annehmen muss: nämlich frei endende Nerven mit Endknöpfchen, welche entweder von Bindegewebe, oder von Zellen epithelialer Natur umgeben sind.

Durch dieselben Thatsachen wird ein für allemal eines der Fundamentalargumente, welche Hensen zur Begründung seiner bekannten Theorie der Nervenentwickelung dienten, beseitigt.

Moskau, am 15. September 1883.

Erklärung der Tafel II.

Fig. 1. Ein Theil der Schwanzflosse der Kaulquappe; das oberflächliche Plattepithel ist entfernt von der oberen und unteren Fläche; das Bindegewebe der Flosse ist auch nicht dargestellt, so dass hier der optische Schnitt der Basalzellen der Oberfläche *(a a)* und der Basalzellen der Unterfläche *(b b)*, welche eine blassere Schattirung haben, gezeichnet ist. Zwischen jenen und diesen Zellen *(a* und *b)* verbreiten sich die Nerven *(n)*, welche feine Endnervenfädchen von sich geben *(n')*, die zwischen den Basalzellen auf der Höhe ihrer Kerne mit kleinen Endknöpfchen enden: bei *a** zwischen den Zellen der Oberfläche; bei *b** zwischen den Zellen der Unterfläche. Aur. chlor., ac. form. Glycerin.

Fig. 2. Ein gleiches Praeparat. Im optischen Schnitte sind nur die Basalzellen der Oberfläche *(a a)* dargestellt; unter ihnen ziehen die Nerven *(n)* hin, bildend mit ihren Zweigen *(np)* eine Masche des Plexus; *n'* die Nervenendigungen mit den End, knöpfchen. *N* ein grösseres Nervenstämmchen.

Fig. 3. Ein Theil des abgetragenen Epitheliums der Schwanzflosse. Oben im optischen Durchschnitte sieht man Basalzellen *(a)*, unten — die oberflächlichen Plattepithelzellen *(a')*. Zwischen den Basalzellen beobachtet man die abgerissenen Nervenendigungen *(n')* mit ihren Endknöpfchen. In den Zellen selbst über den Kernen der optische Schnitt der intracellulären Eberth'schen Gebilde *(X)*. Die letzteren sind durch Gold nicht tingirt und unterscheiden sich dadurch, dass sie das Licht stärker brechen. An Cl_3, ac. form., Glycerin.

Fig. 4. Ein senkrechter Schnitt durch die Haut der Schwanzflosse der Kaulquappe (5 cm lang und ohne Vorderglieder). Ac. chrom. $^1/_6\,^0/_0$, An Cl_3 $^1/_2\,^0/_0$ mit Spuren von Na Cl; Ac. form; Safranin. Canadabalsam.

a — Basalzellen.
a' — Plattepithel.
c — Corium.
d — Bindegewebezellen.
x — Eberth'sche intracelluläre Gebilde und bei dieser Behandlung des Praeparates keine Nervenendigungen.

Sämmtliche Zeichnungen sind nach meinen Praeparaten von meinem Bruder Demetrius Mitrophanow hergestellt.

Ueber die Beziehungen der Grosshirnrinde zu Kehlkopf und Rachen.[1]

Von

Dr. H. Krause
in Berlin.

(Hierzu Taf. III.)

Nach den Ergebnissen der elektrischen Reizversuche an der Grosshirnrinde haben wir uns die letztere als in verschiedene Bezirke oder Regionen getheilt vorzustellen, auf welche die Körpertheile nach unserer jetzigen Kenntniss mit grosser Regelmässigkeit projicirt erscheinen.[2] Zu den wenigen der Willkür unterstehenden motorischen Leistungen des Körpers, für welche ein entsprechender Rindenbezirk bisher noch nicht nachgewiesen worden ist, gehören die Bewegungen des Kehlkopfes und des Rachens.

Nachdem nun Hr. Prof. H. Munk die laterale Partie der Nackenregion als jene Rindenstelle bezeichnet hatte,[3] bei deren Reizung er Bewe-

---

[1] Im Auszuge bereits mitgetheilt in: *Sitzungsberichte der kgl. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin.* 1. Nov. 1883. Bd. II. S. 1121 ff.

[2] Zu wie willkürlichen Combinationen die gefundenen Thatsachen der Localisationslehre Anlass gegeben haben, erhellt aus einer Arbeit von Lauder Brunton: On the position of the motor centres in the brain in regard to the nutritive and social functions. *Brain.* Vol. IV. 1882. p. 431 ff. Lauder Brunton unterscheidet zwischen nutritiven und socialen Functionen des Grosshirns und stellt die Behauptung auf, die motorischen Centren beim Affen, Hunde, Wolf und bei der Katze seien um den Sulcus cruciatus derart angeordnet, dass diejenigen, welche den Zwecken des Ernährungstriebes dienen, zunächst dem Sulc. cruc. liegen, die übrigen erst nach diesen in den angrenzenden Windungen. Die Stimme diene den socialen Instincten, — zuerst den sexuellen — da sie die Thiere zur Mittheilung untereinander befähige, für die Erlangung von Nahrung aber nicht unbedingt nothwendig sei. Dieses Raisonnement veranlasst ihn zu behaupten, dass das Centrum für die Stimme von dem Sulc. cruc. weiter entfernt liege als die motorischen Centren mit nutritiven Functionen. (!)

[3] *Sitzungsberichte der kgl. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin.* 20. Juli 1882. Bd. II. S. 774. Ueber die Stirnlappen des Grosshirns. Reizversuche.

gungen der vorderen Halsmusculatur beobachtete, während vom medialen Theile derselben Region aus Bewegungen der hinteren Halsmusculatur erfolgten, so glaubte er in der ersteren Partie auch das Rindengebiet für die Kehlkopfbewegungen vermuthen zu dürfen. Ich habe die Vermuthung auf Anregung und unter Leitung des Hrn. Prof. Munk im physiologischen Laboratorium der hiesigen Thierarzneischule experimentell geprüft und richtig befunden.

Zu den Versuchen wurden ausschliesslich Hunde verwandt. In tiefer Narkose wurde die Rindenoberfläche des Scheitellappens, in welchem wir die zu reizende Partie, Gyrus praefrontalis (Owen), zu suchen haben, freigelegt.

Zur Inspection des Kehlkopfes habe ich in der ersten Zeit den Kehlkopfspiegel und künstliches Licht benutzt, oder den Kehlkopf vermittelst der Pharyngotomia subhyoidea unter sorgfältiger Vermeidung der Nervi recurrentes aus seinen Verbindungen bis auf den Zusammenhang mit der Trachea herausgelöst, um so möglichst ungehindert die Wirkungen auf die Kehlkopfmusculatur beobachten zu können. Diese beiden Untersuchungsmethoden gab ich indessen bald auf, nachdem ich ein bequemeres und zweckmässigeres Verfahren gefunden hatte. Denn die Anwendung des Kehlkopfspiegels führt, zumal bei grösseren Thieren, nicht immer zum Ziel, weil es selbst bei Benutzung grosser Spiegel (Nr. 4 und 5) häufig nicht gelingt, von der durch die Grösse der Aryknorpel beträchtlich ausgedehnten Glottis des Hundes ein vollkommenes Spiegelbild zu erhalten.

Die Herauslösung des Kehlkopfes aus seinen Umgebungen wiederum ist sehr blutig und zeitraubend. Am einfachsten und besten ist folgendes Verfahren: Fasst man mit einer dünnen, an der Spitze gekrümmten Sonde, oder besser Nadel, den Kehldeckel dicht unter dem oberen Rande seiner laryngealen Fläche und zieht ihn vor das schlaff herabhängende und ihn verdeckende Gaumensegel, so gelingt es bei gleichzeitiger kräftiger Hervorziehung der Zunge ohne weiteres, bei Tageslicht den vollen Einblick in die Kehlkopfhöhle zu erlangen.

Nach Beendigung dieser Vorbereitungen wird der Gyrus praefront. an seiner steil nach unten abfallenden Fläche (s. die schraffirten Partien der Fig. 1 und 2), welche seitwärts gewöhnlich durch ein von dem lateralen Endpunkte des Sulcus cruciat. nach vorn und unten ziehendes ansehnliches Blutgefäss begrenzt wird, mit Inductionsströmen gereizt. Bei Anwendung schwacher Ströme — ca. 11 ^{cm} Rollenabstand des du Bois-Reymond'schen Schlittenapparates mit einem kleinen Daniell'schen Elemente — treten oft zuerst sich häufig wiederholende Schluckbewegungen auf. Weiter beobachtet man je nach der angewandten Reizstärke, welche zwischen 11—7 ^{cm} Rollenabstand variirt, ausser schwächerer oder stärkerer Zusammenziehung der vor-

deren Halsmusculatur[1] mit Hebung des Kehlkopfes: Hebung des Gaumensegels, Contractionen des oberen Rachenschnürers, wie auch des hinteren Theiles des Zungenrückens und der Arcus palato-glossi, endlich partiellen oder totalen Verschluss der Glottis und des Aditus laryngis. Um einige Modificationen des soeben geschilderten Vorganges genauer beschreiben zu können, will ich aus der ganzen Reihe der Beobachtungen einige wichtigere Beispiele hervorheben.

Versuch vom 20. Juni 1882. Völliger Schluss der Glottis bei 9 ^{cm} Abstand. Gleichzeitig wird Verkürzung des Gaumensegels, Contraction des oberen Rachenschnürers (Senkung und Abflachung des Rachendaches), des hinteren Theiles des Zungenrückens, sowie der Arcus palato-glossi beobachtet.

Versuch vom 26. Juni 1882. Wirkung erfolgt erst bei $7^1/_2$ ^{cm}. Bei den ersten Reizungen völliger Schluss, bei den späteren bleibt die Glottis cartilag. mehr oder weniger weit geöffnet. Einmal wird bei augenscheinlicher Spannung der gesammten Kehlkopfmusculatur diejenige Mittelstellung der Stimmbänder zwischen Phonation und tiefster Inspiration beobachtet, welche als Folgeerscheinung der Lähmung des Nervus recurrens von Ziemssen „Cadaverstellung“ benannt wurde, bei Spannung der Gesammtmusculatur aber als ein Zustand völliger Aequilibrirung aller Muskelkräfte, welche an den Giesskannenknorpeln wirken, aufzufassen ist.

Versuch vom 4. Juli 1882. Rollenabstand 8 ^{cm}. Fester Schluss der Glottis in ihrer ganzen Länge. Während der Dauer des Reizes ist die Respiration völlig aufgehoben. Nach dreimal erneuter Reizung treten Convulsionen ein. An diesen nimmt ausser Nacken- und Vorderbeinmusculatur die des Kehlkopfes in der Art Theil, dass auf eine unbeträchtliche Oeffnung jedes Mal sofort fester Schluss der Glottis folgt, etwa so, wie dies beim Lachen des Menschen laryngoskopisch zu beobachten ist. Die freigelegten Musculi cricothyreoidei nehmen sichtbar an dieser Action Theil.[2]

---

[1] Anlässlich einer bezüglichen Frage des Hrn. Prof. Kronecker in der Discussion der physiologischen Gesellschaft über das vorliegende Thema wurde nachträglich bei einem wiederholten Versuche constatirt, dass an diesen Contractionen auch der Musc. mylohyoideus theilnimmt.

[2] Bei einem anderen Versuchsthiere wurde der Musc. cricothyr. der rechten Seite durchschnitten, nachdem vorher die gleichmässige Action beider Stimmbänder festgestellt war. Der Versuch hatte hier den Zweck, den willkürlichen Vorgang der Phonation nachzuahmen und an den Veränderungen der Stimmband-Functionen die Bestimmung des durchschnittenen Muskels zu studiren. Es zeigte sich Folgendes: bei Contraction der Stimmbänder erscheint das rechte schlaff, leicht excavirt, der Rand nicht scharf, sondern rund, walzenförmig; das ganze Stimmband steht niedriger und ist kürzer als das gegenüberliegende. Bei dem Zurückgehen in Ruhe fällt der Aryknorpel, während das linke Stimmband in Mittelstellung steht, schnell gegen die Larynxwand ab, das Stimmband legt sich dicht an die letztere an. Hierbei entsteht eine Wellenform des

Versuch vom 12. Juli 1882. Eröffnung der Schädelhöhle rechts und Durchschneidung des linken Recurrens. Es erfolgen Bewegungen des rechten Stimmbandes, welches über die Mittellinie hinaus dem in Cadaverstellung befindlichen linken Stimmbande angenähert wird.

Versuch vom 15. Juli 1882. Bei dem Wechsel der Lage der Elektroden, und zwar nach oben dicht an das laterale Ende des Sulcus cruciat., tritt wieder unter gleichzeitiger Contraction der wiederholt erwähnten Muskelgruppen die Mittelstellung der Stimmbänder zwischen Phonation und tiefster Inspiration ein. Es ist in diesem Falle möglich, sie vier Mal hintereinander hervorzurufen.

Versuch vom 21. Juli 1882. Anwendung verschiedener Reizstärken. 1) 10^{cm} Rollenabstand: Schluckbewegung, schwache Contractionen. Die Stimmbänder einander genähert, fahren immer wieder schnell auseinander. Respiration erfolgt ungehindert. 2) 8^{cm} Abstand. Die Aryknorpel werden bei der Inspiration nur sehr wenig von einander entfernt, die Stimmbänder schlagen hierauf sofort wieder zusammen. 3) 7^{cm} Abstand. Die Stimmbänder liegen fest aneinander. Inspirationen nur noch angedeutet.

Nach diesen Ergebnissen der Reizversuche haben wir in der bezeichneten Rindenpartie die Region der Fühlsphäre ausser für die vordere Halsmusculatur auch für die Bewegungen des Kehlkopfes und des Rachens zu suchen, und haben sie ausserdem als bei der Auslösung des ersten und willkürlichen Theiles des Schluckactes mitbetheiligt anzusehen.

Den Ergebnissen der Reizversuche entsprachen die Erfolge der Exstirpationsversuche. Nach den vorhergegangenen Beobachtungen waren als Folge dieser Operation wesentliche Veränderungen der Stimme zu erwarten. Da nun auf diese ausschliesslich unsere Aufmerksamkeit gerichtet werden musste, so wurden für die Exstirpationsversuche nur solche Thiere ausgewählt, die sich im Gebrauche ihres Stimmorganes als gut veranlagt erwiesen. Nach mehrfachen Verlusten ist es gelungen, zehn derartig operirte Hunde am Leben zu erhalten, und sie 4—5 Monate hindurch zu beobachten. Die Operation wurde in allen Fällen zuerst linksseitig, 4 bis 5 Wochen später nach völliger Vernarbung der äusseren Hautwunde auf der entgegengesetzten Seite ausgeführt. Nach der ersten (linksseitigen) Operation trat keine wesentliche und dauernde Störung der Stimmfunction

---

Stimmbandes, das Thal der Welle liegt vor dem Proc. vocal. des einwärts rotirten Knorpels. Im Wellenthal zeigt sich auch Faltung des Stimmbandes, welches sich weiter nach vorn gegen die Mitte und obere Fläche vorwölbt. Bis zum Ablauf der Bewegung sieht man fibrilläre Zuckungen durch die ganze Fleischmasse (Musc. thyreoaryt. int. und ext.) des Stimmbandes. Der Versuch bestätigt, dass der Musc. cricothyr. der eigentliche Längsspanner des Stimmbandes ist.

ein. Einige Hunde bellten schon am Tage nach der Operation oder wenige Tage später wie vorher, bei anderen klang die Stimme schwächer und erfolgte die Phonation unter dem Eindrucke der Luftverschwendung, bei zweien war die Inspiration stenotisch. Ein Hund zeigte vertiefte, rauhere Stimme. Nach Ablauf mehrerer Wochen aber war eine Veränderung der Stimme gegen früher bei keinem der Thiere mehr bemerkbar. Dauernde pathologische Erscheinungen konnten bei acht von den zehn operirten Thieren erst nach der beiderseitigen Exstirpation beobachtet werden. Schon der erste Hund, dessen Prüfung, da er die Folgen der Narkose wie der Operation schnell überwand und auf den geringsten Reiz mit wüthendem Bellen reagirte, bereits am nächsten Tage möglich war, konnte nur schrille, kreischende Töne hervorbringen; von dem früheren, kraftvollen Brusttone war keine Spur mehr vorhanden. Gleiche oder ähnliche Wahrnehmungen wurden bei fortgesetzter Prüfung an acht nach Ausweis der Sectionen glücklich operirten Thieren gemacht, die sich aber, wie ausdrücklich hervorgehoben werden soll, bezüglich aller übrigen Körperfunctionen vollkommen normal verhielten. Einzelne Hunde bellten überhaupt nicht mehr. Andere, in dem offenbaren Bemühen zu bellen, brachten es nur zu vergeblichen Oeffnen und Schliessen der Schnauze, höchstens hin und wieder zu leisem Winseln. Bei wieder anderen trat statt des Bellens ein kraftloses Quietschen oder Kreischen ein. Endlich zwei Hunde, welche anscheinend noch kräftig anschlugen, bellten unter äusserster Anstrengung und auffallender Luftverschwendung in kreischender Fistelstimme anstatt der früher mühelos geleisteten Bruststimme. Im Gegensatze zu diesen hatten zwei andere Versuchsthiere ihre alte Stimme ohne wesentliche Aenderung bewahrt. Hier erwies die Section die Exstirpation als unzureichend ausgeführt. Während nämlich bei den acht glücklich operirten Hunden die Rindennarbe, welche sich an Stelle des gesetzten Defects gebildet hatte, auf mehreren — in der Regel drei — Windungsfalten breit aufsitzend mehr oder weniger tief durch die ganze Schicht der grauen Substanz hindurch bis in die weisse Substanz hineinreichte, — ohne dass im übrigen gröbere Veränderungen wahrnehmbar waren — liess sich bei jenen beiden Hunden ein hiervon abweichender Befund feststellen. In dem einen Falle nämlich sass linkerseits die Narbe zu stark medialwärts bis an den oberen convexen Rand der Hemisphäre und unsere Rindenpartie nur streifend, rechterseits war sie zu klein und zu flach, und durchdrang nicht die ganze Dicke der grauen Substanz, die allerdings ausnahmsweise stark entwickelt erschien. In dem anderen Falle drang, während die linke Narbe auch hier ziemlich stark medialwärts lag, die rechte wohl tief genug in die weisse Substanz ein, war aber sehr schmal und lag auf nur einer Windungsfalte.

Sehen wir von diesen beiden Fällen ab, so hatten offenbar die acht

Hunde, bei welchen die Exstirpationen unserer Absicht entsprechend gelungen waren, die Bewegungsvorstellungen für die zur Phonation erforderlichen Einstellungen der Stimmbänder eingebüsst; geblieben war einem Theile von ihnen die reflectorische grobe Einstellung der Stimmbänder, wie sie schon das neugeborene Thier für seine quietschenden, kreischenden Laute besitzt.

Es ist bemerkenswerth, dass sich schon in einer Arbeit von O. Soltmann[1] eine die Stimme betreffende, der unsrigen ähnliche, Beobachtung findet. Soltmann zerstörte an neugeborenen Hunden beiderseits die ganzen Lobi prae- und postfrontales durch Exstirpation oder Glüheisen, und versuchte die Thiere am Leben zu erhalten. Dies gelang ihm indessen nur ein einziges Mal. Dieser Hund „zeigte 8 Wochen alt keine Spur irgend welcher Störung in der Motilität. Das Einzige, was auch hier auffiel, war absolute Kleinheit Dabei war der Hund plump, bellte nicht seinem Alter entsprechend, sondern quietschte wie ein Neugeborenes und benahm sich sehr wunderlich“.

Beobachtungen über Veränderungen am Schluckmechanismus sind durch die auf die wiederholt bezeichnete Rindenpartie beschränkten Exstirpationen nicht ermöglicht worden; dazu hätten die letzteren ein viel ausgedehnteres Rindengebiet umfassen müssen.

Ich habe schliesslich noch die nach einseitiger Exstirpation auftretenden secundären Degenerationen verfolgt, zu welchem Zwecke die Thiere 8 bis 11 Wochen nach der Operation getödtet wurden. Von den in 1 procentiger Chromsäurelösung gehärteten Gehirnpartien wurden Schnittreihen mit dem Mikrotom hergestellt. Es fanden sich bei der Untersuchung der Schnitte von den Hirnschenkeln in dem medialen Theile des Hirnschenkels der operirten Seite Lücken, durch den Ausfall von Nervenfasern bedingt, und Degeneration des Axencylinders an ziemlich vielen Fasern, ausserdem Verkleinerung des Peduncul. corp. mamm. derselben Seite. Bei der Fortführung der Schnittreihen in die Corpora mammill. zeigten sich die wesentlichen Veränderungen in dem aufsteigenden Fornixschenkel, sowie geringeren Grades an dem Vicq-d'Azyr'schen Bündel (s. Fig. 3). In dem Fornixschenkel stellt sich die Degeneration schon bei mässiger Vergrösserung (15—20) dar als ein helleres Segment des normal annähernd kreisförmigen oder ovalen Nervenbündels. In diesem Segment fehlt die normale Structur des Nervenbündels, welches dadurch um $^1/_3$—$^1/_2$ seines Umfanges verkleinert erscheint; ein grosser Theil seiner Fasern ist undeutlich contourirt oder völlig geschwunden. An der Umfangsverkleinerung nimmt auch das Vicq-d'Azyr'sche Bündel und das ganze Corpus mammillare Theil. Bei starker Ver-

[1] Experimentelle Studien über die Functionen des Grosshirns bei Neugeborenen. *Jahrbuch für Kinderheilkunde.* Bd. IX.

grösserung lassen sich in dem ungefärbt gebliebenen Gewebe Körnchenzellen, sowie Maschen und Lücken erkennen.

Weitere genauere Angaben über die Natur dieser degenerativen Vorgänge sind leider dadurch unmöglich gemacht, dass die betreffende Partie, wie bereits erwähnt, an der Färbung des Praeparates mit verschiedenen Reagentien nicht theilnimmt. Indessen genügt schon der angeführte Befund, um das Corpus mammill. zu einem wesentlichen Theile als Durchgangsstation der von der lateralen Partie des Gyrus praefront. herkommenden Fasern gelten zu lassen.

Es darf hier nicht unerwähnt bleiben, dass das Resultat der Untersuchung über die secundäre Degeneration mit den Ergebnissen von Experimenten im Widerspruche zu stehen scheint, welche Gudden[1] zu dem Zwecke angestellt hatte, nachzuweisen, dass die bisher im Corpus mammill. angenommene Schleife auf Täuschung beruhe, und dass auf- und absteigender Fornixschenkel von einander getrennte und unabhängige Faserbündel seien. Gudden fand nämlich nach Fortnahme der Hauptmasse einer Grosshirn hemisphäre mit Erhaltung des Ammonshorns Atrophie des gleichseitigen Vicq-d'Azyr'schen Bündels, dagegen bei Fortnahme des Ammonshorns bez. Aufhebung seiner Verbindung mit der Fornixsäule Degeneration und Schwund des gleichseitigen Fornixbündels. Gudden experimentirte an neugeborenen Kaninchen, deren einzelne Gehirntheile noch nicht zur Entwickelung gekommen waren, während zu unseren Versuchen völlig ausgewachsene, mehrere Jahre alte Hunde verwandt worden sind. Ich bin ausser Stande zu entscheiden, inwieweit die Verschiedenheit der angeführten Befunde etwa in der Verschiedenheit der Versuchsanordnung ihre Erklärung findet.

Eine bessere Stütze erhalten unsere Befunde durch einige Angaben von C. v. Monakow,[1] welcher nach Exstirpation der Hirnrinde des rechten Scheitellappens den rechten Fornixschenkel und dessen Wurzeln sowie das rechte Ammonshorn etwas kleiner, das Vicq-d'Azyr'sche Bündel gut erhalten und kaum kleiner als das linke fand.

Zum Schlusse kann ich nicht unterlassen, Hrn. Prof. Munk für die jederzeit bereitwillige Unterweisung, wie überhaupt für die liebenswürdige und wohlwollende Förderung der vorliegenden Arbeit meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Ebenso fühle ich mich Hrn. Dr. Wernicke für die freundliche Durchsicht und Begutachtung meiner anatomisch-histologischen Praeparate zu besonderem Danke verpflichtet.

[1] Beitrag zur Kenntniss des Corpus mamm. und der sog. Schenkel des Fornix. *Archiv für Psychiatrie.* Bd. XI.

[2] Ueber einige durch Exstirpation circumscripter Hirnregionen bedingte Entwickelungshemmungen des Kaninchengehirns. *Archiv für Psychiatrie.* Bd. XII.

Erklärung der Abbildungen.

Figg. 1 und **2.** Rindenoberfläche des Hundegehirns. Die schraffirten Partien bezeichnen die laterale Partie der Nackenregion.

Fig. 3. Exstirpation der lateralen Partie der Nackenregion. Der Schnitt ist nicht vollkommen ausgeführt. Nur die Pedunculi und die Corpora mammillaria mit Fornixschenkel und Vicq-d'Azyr'schen Bündel sind genauer wiedergegeben.

C. q. Vierhügel.
C. gen. int. Corpus geniculatum internum.
Aqd. S. Aquaeductus Sylvii.
H. Haube.
P. C. Hirnschenkelfuss.
C. m. d. Rechtsseitiges Corp. mammill.
B. V. d. Rechtsseitiges Vicq-d'Azyr'sches Bündel.
C. F. d. Rechtsseitige normale aufsteigende Fornixwurzel.
C. m. s. Linksseitiges etwas verkleinertes Corp. mammill.
B. V. s. Linksseitiges wenig verkleinertes Vicq-d'Azyr'sches Bündel.
C. F. s. Linksseitiges zum Theil degenerirtes Fornixbündel.

Wie entledigt sich das Blut von einem Ueberschuss an Traubenzucker?

Von

Dr. Leo v. Brasol.

Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.

Zur Ergänzung der Ueberschrift dieser Abhandlung diene die Bemerkung, dass unter überschüssigem Traubenzucker derjenige verstanden ist, welcher auf künstlichem Wege beispielsweise durch Einführung in eine Vene in das Blut gelangt ist. Zieht man nur den Umfang der Litteratur in Betracht, die von den Folgen handelt, welche die Einspritzung von Zucker in das Blut bedingen, so könnte es erscheinen, als ob das Gebiet erschöpft sei; zu einer anderen Meinung führt jedoch eine genauere Durchsicht ihres Inhaltes.

Hierbei erfahren wir aus den Abhandlungen von Ph. Falk-Limpert[1] und Forster,[2] dass der kleinere Bruchtheil des eingespritzten Traubenzuckers mit dem Harn ausgestossen wird, der grössere dagegen innerhalb des Körpers zurückbleibt. Von dem letzteren wird, wie die Beobachtungen von Luchsinger,[3] Forster,[4] Külz[5] und Heidenhain[6] darthun, ein Antheil in der Leber nach seiner Umwandlung in Glykogen angesetzt. Da jedoch die Menge des neuentstandenen Leberglykogens im Verhältniss zu

[1] Virchow's *Archiv* u. s. w. Bd. IX.
[2] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XI.
[3] Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1883.
[4] *Sitzungsberichte der Münchener Akademie.* 1876.
[5] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXIV.
[6] Maly's *Jahresbericht.* 1874.

der des zurückgehaltenen Zuckers nach übereinstimmenden Angaben nur geringfügig ist, so muss der grössere Rest des letzteren eine andere Verwendung finden. Ob er sich in den Muskeln zu Glykogen oder in den entsprechenden Zellen zu Fett umgestaltet, oder ob er bis zu seiner schliesslichen Oxydation als Zucker in dem Blute und anderwärts vertheilt bleibt, darüber empfangen wir keinen Aufschluss.

An und für sich unzweifelhaft sehr werthvoll, lassen doch die bisher angestellten Versuche mehrere Seiten des Vorganges unberührt, die Frage namentlich, wie sich die Zusammensetzung des Blutes nach dem plötzlichen Hereinbrechen grosser Zuckermengen ändert, und durch welchen Process sich das Blut seines Zuckerüberschusses entledigt. Würde die Aufhellung des erstgenannten Punktes vielleicht von beschränkter Bedeutung sein, so dürfte doch die des zweiten unsere Beachtung in höherem Grade verdienen, weil wir durch sie über den Grund Aufschluss erhalten können, weshalb sich der Zuckergehalt des Blutes auf einer unveränderlichen Höhe hält, wenn in Folge einer reichlichen Fütterung mit Amylon oder Zucker sich ein rascher Strom des letzteren aus der Darmhöhle in das Blut hinein ergiesst, ein Verhalten, dessen Bestehen nach den Untersuchungen von Bleile[1] nicht mehr bezweifelt werden kann. Durch Hrn. Prof. C. Ludwig angeregt, fasste ich den Entschluss, das eben hingestellte Problem in Angriff zu nehmen. — Hrn. Dr. Anderson, der schon vor mir im hiesigen Institute nach einem ähnlichen Ziele hingearbeitet hatte, und Hrn. Dr. Ch. Bohr, bin ich für die Mittheilung einiger Beobachtungen, die ich gehörigen Ortes in die folgende Abhandlung einflechten werde, zu Dank verpflichtet.

Beschreibung der in den Versuchen angewendeten Methoden.

Mein Vorhaben verlangte die Verwendung nüchterner, vor 24 Stunden zuletzt gefütterter Thiere, deren Blut ausser der künstlich gesetzten keine weitere Zuckerquelle zur Verfügung stand; den Hunden ein längeres Hungern aufzuerlegen, ist deshalb unnöthig, weil ohnehin der Gehalt des Blutes an Zucker vor der Einspritzung desselben geprüft werden muss; der dabei gefundene lässt sich dann von dem künstlich erzeugten Zuwachs abziehen. Vor der Einspritzung des Zuckers wurde den Thieren in die linke Carotis und in die rechte Jugularvene je eine Glascanüle eingebunden. Aus der ersteren sollte das zur Analyse nöthige Blut entnommen, in die letztere

[1] *Dies Archiv.* 1879.

der Zucker eingeführt werden. — Zur Einspritzung wurde eine Lösung chemisch reinen Traubenzuckers verwendet, die entweder mit reinem Wasser, oder unter Zusatz von 0·5 Procent Na Cl bereitet war. In der Regel wurde eine möglichst concentrirte Zuckerlösung hergestellt, die aus einer genau ausgemessenen und eingetheilten Burette in die Vene eingelassen wurde; mit einer solchen konnten, ohne das im rechten Herzen fliessende Blut ungebührlich zu verdünnen, in kurzer Zeit grosse Zuckermengen eingeflösst werden. — Mehr Vorsicht als beim Hunde erfordern die Einspritzungen beim Kaninchen. Bei der geringen Räumlichkeit seines Herzen bedingt ein rasches Zuströmen der Zuckerlösung eine lebensgefährliche Verdünnung seines Blutes; das rechte Maass für die Geschwindigkeit des durch die Vene zufliessenden Zuckers muss aus dem Verhalten des Kaninchens und namentlich aus dem Takt und der Tiefe seiner Athembewegungen entnommen werden; bei dem Eintritt dyspnoetischer Erscheinungen soll die Einspritzung bis zur Wiederkehr ruhiger Respiration unterbrochen bleiben.

Aus dem Unterschied des mit dem Harn entleerten und des in die Vene eingeführten Zuckers ergiebt sich die im Organismus selbst verwendete Menge. Insofern es nur auf die Kenntniss des gesammten Restes ankommt, genügt das Aufsammeln des in 12 bis 24 Stunden gebildeten Harns, was bequem erreicht wird, wenn der Hund in einen Blechkasten eingesperrt wird, dessen siebartiger Boden über einen glasirten Thontrichter ausgespannt ist. Die Beschreibung des im hiesigen Institute gebrauchten giebt Spiro.[1] Erweist es sich als nöthig, den in kürzerer Zeit nach seiner Einführung von der Niere ausgestossenen Zucker zu ermitteln, so muss man um Verluste zu vermeiden die Vorhaut wasserdicht zubinden, und zur verlangten Zeit die Blase mit dem Katheter entleeren; bei männlichen Hunden leistet das Verfahren von Panum sichere Dienste; bei weiblichen wird das Katheterisiren durch die Spaltung des Scheideneinganges nach dem After hin, wie es Ph. Falk[2] vorschreibt, sehr erleichtert. Die Wunde des Dammes muss, wie sich von selbst versteht, vor dem weiteren Gebrauch vollkommen ausgeheilt sein.

In dem Blute muss zur Lösung der vorgesteckten Aufgabe zu verschiedenen Zeiten bestimmt werden: sein Gehalt an Zucker, der relative oder absolute an Farbstoff und der des Serums an Eiweiss; das hierzu nöthige Blut wurde aus der Carotis entnommen. Für die Bestimmung der Zucker- und Farbstoffprocente bedarf es geringer Blutmengen, so dass wenn nur diese beiden gefordert werden, mässig grosse Hunde zur Durch-

[1] *Dies Archiv*, 1880. Supplementband.
[2] A. a. O.

führung des Versuchs ausreichen; aber nur an grossen, über 20 kgr schweren, mit einer reichlichen Blutmenge ausgestatteten Hunden kann ohne merkliche Störung die Bestimmung des Eiweissgehaltes im Serum ausgeführt werden. — Aus Gründen, welche aus den späteren Mittheilungen ersichtlich werden, wurden die genannten Bestimmungen an dem Blute unmittelbar vor und möglichst rasch nach der vollendeten Zuckerinjection ausgeführt. Auf die Aenderung, welche in dem Blute mit der wachsenden Zeit vor sich geht, musste aus einer Analyse desselben zu schliessen sein, die eine, zwei und mehr Stunden nach der vollendeten Einführung des Zuckers abgelassen war. Nach Bedürfniss wurden die Aderlässe; doch mit der steten Rücksicht darauf vorgenommen, dass die entzogene Blutmenge im Verhältniss zu der hypothetisch vorhandenen nicht allzu merklich wurde. Unleugbar würde der Verlauf der Aenderung sich genauer ergeben haben, wenn eine Häufung des Aderlasses erlaubt gewesen wäre. Bei der vollkommenen Unbekanntschaft mit den Wirkungen der Blutentziehung an sich auf die Aenderung im Zuckergehalt des Blutes glaubte ich auf eine gedrängtere Anstellung derselben namentlich dann verzichten zu müssen, wenn der Eiweissgehalt des Serums ausgewerthet wurde.

Einer der Wege, auf welchem das aus dem Blute etwa ausgetretene Eiweiss zurückgeführt werden kann, ist durch den Ductus thoracicus gegeben; die Bedeutung, die ihm in diesem Sinne zukommt, ist nur dann mit Sicherheit zu erkennen, wenn man den Erguss seines Inhaltes in die Venen zeitweilig unterbrechen und wieder freigeben kann. Ein sicheres und relativ einfaches Mittel hierzu besteht in der Anwendung eines dehnbaren Kautschukbeutelchens, das auf das Ende eines Katheters gebunden wird. Schiebt man dasselbe von einer Oeffnung in der V. jugularis sinistra aus bis in die V. anonyma, treibt in seinen Hohlraum durch Vermittelung einer Gummiröhre von der freien Mündung des Katheters her so viel 0·5 procentige NaCl-Lösung ein, bis das Beutelchen den Wandungen der Vene prall anliegt und verschliesst dann das am freien Ende des Katheters angebundene Kautschukröhrchen, so ist dem Ductus sich zu entleeren unmöglich gemacht; entlässt man dann die in das Beutelchen eingetriebene Flüssigkeit aus dem geöffneten oberen Ende des Katheters und zieht denselben zurück, so wird die Mündung des Ductus frei und die Lymphe fliesst wieder in die Venenräume.

Bestimmung des Eiweisses im Blutserum. Zur Herstellung des Serums wurde aus der A. carotis 120 Ccm Blut in einen gut verschliessbaren Glascylinder eingelassen, und nach vollendeter Gerinnung in einem kühlen Raume centrifugirt. Von dem gewonnenen vollkommen klaren Serum wurden jedesmal 25 Ccm mit einer Burette aufgesaugt, in siedend heisses Wasser eingetragen und dem Gemisch verdünnte Essigsäure tropfen-

weise zugesetzt, bis alles Eiweiss in der Gestalt feinster Flocken geronnen war. Die Flüssigkeit wurde dann noch einmal aufgekocht und darauf, wenn die zwischen den Flöckchen vorhandene sich vollkommen klar erwies, auf ein bei 110 bis 120° C. getrocknetes Filter gebracht. Das auf dem letzteren verbleibende Gerinnsel wurde mit heissem Wasser rein ausgewaschen, dann aus ihm das Wasser durch 96 procentigen Alkohol und hierauf auch dieser durch wasserfreien Aether verdrängt. Das Filter mit seinem Inhalt wurde im Trockenglas bei 120° C. bis zum unveränderlichen Gewicht getrocknet.

Zucker im Serum. Das Eiweiss desselben, welches auf die eben beschriebene Weise in feinsten Flocken geronnen war, wurde mit heissem Wasser reingewaschen, die durchgegangene wasserklare Flüssigkeit wurde auf dem Wasserbade zu einem geringen Volum eingedampft und in ihm der Zucker nach der Methode von Allihn[1] bestimmt.

Zucker im Gesammtblute. Vor der Bestimmung des Zuckers liess ich in einigen meiner ersten Versuche eine mässige Menge Blut aus der A. carotis in eine mit Glasstopfen versehene Flasche fliessen, welche reine, trockene Glasperlen enthielt; in ihr wurde das Blut bis zur vollständigen Abscheidung des Faserstoffs geschüttelt, dann colirt und eine gewogene Menge des defibrinirten Blutes auf Zucker weiter behandelt. Vortheilhafter erwies sich eine andere Vorbereitung des Blutes, welche in der grossen Mehrzahl meiner Beobachtungen in Anwendung kam. Das Blut wurde aus der A. carotis in ein wasserdicht verschliessbares Gefässchen eingelassen, das eine concentrirte Lösung von schwefelsaurem Natron enthielt und mit der letzteren gewogen war. Nachdem es das Blut aufgenommen hatte, wurde das Fläschchen von Neuem gewogen und sein Inhalt auf dieselbe Weise, wie es oben beim Serum beschrieben, behandelt. Unter Anwendung des geschilderten Verfahrens gerinnt das Blut in sehr feinen Flöckchen.

Zucker in den Muskeln, Leber und Nieren wurde nur in Kaninchenleichen bestimmt. Unmittelbar nach dem Verblutungstode werden möglichst rasch ein grosser Antheil der Muskeln, die Leber und die Nieren herausgeschnitten, gewogen und dann in siedendes Wasser eingetragen, unter dem Wasser mit der Scheere zerkleinert; 5 Minuten ungefähr im Sieden erhalten, dann colirt; der Rückstand in die Fleischmaschine gebracht, hier noch weiter bis zum Brei zerkleinert; in eine neue Quantität siedendes Wasser eingetragen; einige Minuten im Sieden erhalten, colirt; der Rückstand in der hydraulischen Presse ausgepresst. Nach dem wurden die festen Massen zum dritten Male in kochendes Wasser für einige Minuten

---

[1] *Journal für praktische Chemie.* N. F. Bd. XXII. S. 52.

eingetragen, colirt und der Rückstand zum zweiten Male in der hydraulischen Presse ausgepresst. Die vereinigten Flüssigkeitsportionen wurden auf dem Wasserbade auf ein kleines Volumen concentrirt und mit grossen Mengen absoluten Alkohols gefällt; der Niederschlag nach gutem Absetzen abfiltrirt und der Rückstand vielmals mit Alkohol — bei häufiger Erneuerung der aufgegossenen Alkoholmengen — in der Reibschale zerrieben und pulverisirt und somit der ganze Niederschlag gründlich ausgewaschen. Das Filtrat wird auf dem Wasserbad (nicht über 70°) auf ein sehr kleines Volumen eingedampft; Salzsäure und Aether hinzugefügt, in einen Scheidetrichter übergeführt; die Milchsäure durch mehrere Portionen Aether ausgezogen, der Syrup abgegosssen, der Aetherrest verdunstet, der Syrup in Wasser gelöst, gemessen und auf Zucker geprüft. In diesem Zustande bringt die zuckerhaltige Flüssigkeit nur eine unvollständige Reduction des Kupfers in der Fehling'schen Lösung hervor: es entsteht dabei jedesmal ein reichlicher, grünlich-gelblicher Niederschlag, welcher sich sogar nach 24 Stunden nicht auf den Boden des Becherglases niedersetzt und sich nicht filtriren lässt. Darum muss der in Wasser aufgelöste Syrup mit Salzsäure angesäuert und mit Phosphorwolframsäure behandelt werden. Es entsteht dabei ein reichlicher gelblicher Niederschlag, welcher nach gutem Absetzen abfiltrirt und mehrmals mit Salzsäure ausgewaschen wird. Die wasserklare, farblose Flüssigkeit wird mit kohlensaurem Natron neutralisirt, gemessen und auf Zucker geprüft. Nun tritt in der Fehling'schen Lösung die Reduction des Kupfers (orange) richtig ein.

Die Richtigkeit aller Zuckerbestimmungen wurde stets durch zwei Analysen controlirt, die mit verschiedenen Portionen derselben Flüssigkeit ausgeführt wurden. Alle später mitgetheilten Zahlen sind das Mittel aus zwei nahe übereinstimmenden Einzelwerthen.

Die Entfernung des eingespritzten Zuckers durch die Niere.

Die Wirksamkeit, welche die Niere zur Entzuckerung des Blutes entfaltet, ist ohne einleuchtende Gründe sehr unbeständig. — Fasst man den gesammten Antheil des Zuckers in das Auge, welcher vom eingespritzten ausgeharnt wird, so war, gleiches Körpergewicht der Thiere vorausgesetzt, zu erwarten, entweder dass die von der Niere in Beschlag genommene Menge des Zuckers stets in einem bestimmten Verhältniss zum Gewicht der eingespritzten stehe, oder was wahrscheinlicher klingt, dass der mit dem Harn fortgeführte Bruchtheil mit der Menge des in der Vene eingeführten

wächst. Aus meinen und Anderson's Beobachtungen leitet sich jedoch weder die eine, noch die andere Regel ab. Es ergab sich aus sechs Beobachtungen, in welchen der Harn gesammelt war, vom Beginn des Einspritzens bis zu Stunden über die Zeit hinaus in welchen er zuckerfrei war:

	1	2	3	4	5	6	
Auf ein Kilogr. des Hundes eingespritzt	0·97 grm	2·1 grm	2·3 grm	5·2 grm	7·0 grm	7·0 grm	Zucker
In Procenten des eingespritzten ausgeharnt	22·3 „	24·8 „	18·7 „	28·7 „	28·0 „	33·0 „	„

Dass der Grund, weshalb bei gleichen Mengen eingebrachten Zuckers ungleiche Mengen desselben dem Harne übergeben werden, nicht ausschliesslich auf Rechnung der Individualität zu setzen ist, geht aus einer Beobachtung Anderson's hervor. Einem nüchtern in den Versuch eingetretenen und während der ganzen Dauer desselben hungernden Hunde wurde in vier aufeinanderfolgenden Tagen je einmal Traubenzucker in die Vene jugularis eingeflösst, der in je 24 Stunden entleerte Harn gesammelt und sein Zucker bestimmt.

Datum.	Körpergewicht.	Dauer der Einspritzung.	Menge des eingespritzten Zuckers.	Menge des ausgeharnten Zuckers.
14. Febr.	19·1	63 Min.	100 grm	28·18 grm
15. „	?	60 „	120 „	33·34 „
16. „	17·4	64 „	120 „	40·12 „
17. „	17·7	45 „	120 „	32·10 „

Auch über den zeitlichen Verlauf der von der Niere besorgten Entfernung des im Blute aufgehäuften Zuckers lässt sich nichts allgemein Gültiges aussagen. Anfänglich, wenn der Reichthum des Zuckers am grössten ist, wird allerdings auch durch den Harn vorzugsweise viel entleert, doch besteht auch hier kein festes Verhältniss zwischen dem Zu- und dem Abgang des Zuckers. Ueber die Veränderlichkeit der Zuckerausscheidung in einer kurzen Zeit nach der Einspritzung geben die nachstehenden Zahlen Aufschluss. Die Thiere, von denen sie gewonnen wurden, waren zu der angegebenen Zeit nach der beendeten Ueberführung des Zuckers in die Vene durch Verblutung getödtet und der Harn aus der Leiche gesammelt worden. Um einen möglichen Verlust des Blaseninhaltes vorzubeugen war die Vorhaut schon kurz vor der Zuckereinspritzung unterbunden worden.

Eine Viertelstunde nach der Einspritzung getödtet.

	Körpergewicht.	Eingeführte Zuckermenge.	Zucker per Kilogr.	Ausgeharnte Zuckermenge.	Ausgeharnt in Procenten des eingespr. Zuckers.
1	25·0	91·3 grm	3·7	21·26 grm	23·67
2	25.0	91·3 "	3.7	2·23 "	2.44
3	22·0	94·0 "	4·3	3·50 "	3·73
4	20.5	94·0 "	4·6	6·79 "	7·22
5	17·8	93·6 "	5·3	12·2 "	13·00

Zwei Stunden nach der Einspritzung getödtet.

	Körpergewicht.	Eingeführte Zuckermenge.	Zucker per Kilogr.	Ausgeharnte Zuckermenge	Ausgeharnt in Procenten des eingespr. Zuckers.
6	28·5	93·75 grm	3·3	10·06 grm	10·72
7	27·0	93·75 "	3·5	17·18 "	18·30
8	25·5	101·0 "	4·0	21·48 "	21·18

Die Zeit, welche verstreicht bevor der Harn zuckerfrei geworden, wechselt ebenfalls in weiten Grenzen. Bei dem Hunde, der auf S. 217 erwähnt wurde, fand Anderson einmal den Zucker schon nach 2^h 35′, ein anderes Mal erst nach 5^h aus dem Harn verschwunden. Dass aber auch der letztere Termin nicht der längste ist, der bis zum Verschwinden des Zuckers verstrichen sein muss, ergiebt sich aus den folgenden Aufzeichnungen.

1. Körpergewicht: 39 kgr. In die Vene eingeführt 38 grm Zucker. Nach Beendigung der Einspritzung werden ausgeharnt:

Nach 3 Stunden; mit dem Katheter entleert:	1·6 grm Zucker
Nach weiteren 3 Stunden:	4·0 " "
Nach weiteren 18 Stunden:	2·9 " "
In 24 Stunden demnach:	8·5 " "

2. Körpergewicht: 17 kgr. In die Vene eingeführt: 40 grm Zucker. Nach Beendigung der Einspritzung werden ausgeharnt:

In 1 Stunde und 5 Minuten:	6·7 grm Zucker
Nach weiteren 3 Stunden und 55 Minuten:	0·6 " "
Im Rest des Tages:	0·2 " "
In 24 Stunden demnach:	7·5 " "

3. Körpergewicht: 28·5 kgr. In die Vene eingeführt: 60 grm Zucker. Nach Beendigung der Einspritzung werden ausgeharnt:

In 5 Stunden:	12·04 grm Zucker
Nach weiteren 5 Stunden:	1·88 „ „
Im Rest des Tages:	0·99 „ „
In 24 Stunden demnach:	14·91 „ „

Ob es zukünftig möglich sein wird, für jeden einzelnen Fall eine Erklärung zu finden, aus der Innervation der Nieren und aus der Geschwindigkeit mit welcher andere Processe das Blut von seinen überschüssigen Zucker befreien, bleibe dahingestellt. Gegenwärtig folgt aus den Erfahrungen über die nach Menge und Geschwindigkeit so sehr veränderliche Abscheidung des Zuckers durch die Nieren die Nothwendigkeit, den Harn zu fangen und seinen Zuckergehalt zu bestimmen, wenn man darüber ein Urtheil gewinnen will, ob und wieviel des einverleibten Zuckers aus dem Blute auf anderem Wege verschwindet.

Der Procentgehalt des Blutes an Zucker.

Da sich der Scheidekraft der Niere höchstens 33 Procent des durch die Vene eingeflössten Zuckers als zugängig erwiesen hatten und da meist schon wenige Stunden nach der Einführung der Harn zuckerfrei abgesondert war, so liess sich vermuthen, dass das Blut noch durch andere Mittel und zwar mit einer merklichen Geschwindigkeit entzuckert worden sei. Ob und wie rasch das Blut von seinem künstlich gesteigerten auf den normalen Zuckergehalt zurückgebracht werde, konnte nur durch die unmittelbare Untersuchung des Blutes gefunden werden. Damit war mir vorgeschrieben, Blutproben zu sammeln, eine unmittelbar vor dem Einlassen des Zuckers, eine zweite unmittelbar nach, und andere in einem um viele Minuten bez. Stunden späteren Termin nach der Beendigung der Zuckerinjection. Die Zahl der an einem Hunde vorgenommenen Blutentziehungen durfte nicht über ein sehr beschränktes Maass hinausgehen, wenn der Eingriff nicht neue Störungen veranlassen sollte; aus der Schonung der dem Thiere zustehenden Blutmenge ergab sich somit von selbst der Verzicht auf eine genauere Verfolgung des mit der Zeit veränderlichen Zuckergehaltes im Blute. Statt dessen schien es gerathen eine Blutentleerung möglichst rasch nach vollendeter Zuckereinspritzung und eine andere dann vorzunehmen, wenn man nach den, aus den Harn gewonnenen Erfahrungen auf die Wiederkehr des normalen Zuckergehaltes rechnen konnte.

Bei 14 Thieren ist die Bestimmung des Zuckergehaltes im Blute, beziehungsweise im Serum zwei Minuten nach der vollendeten Zuckereinspritzung vorgenommen worden. Ihre Ergebnisse sind beistehend zusammengefasst.

Procentgehalt des Zuckers im Serum oder im Gesammtblute kurz nach der Einspritzung.

Versuchs-Nummer.	Körpergewicht.	Zucker zugeführt.	Zucker in Grammen auf 1 Kilogr. des Körpergewichts.	Wasser zugeführt.	Procentgehalt des Blutes oder Serums an Zucker.	
					Vor der Einspritzung.	Nach der Einspritzung.
1 S[1]	39 kgr	38 grm	0·9	190 grm	0·137	0·805
3 S	28·5 „	60 „	2·1	200 „	0·162	1·770
2 S	17 „	40 „	2·3	200 „	0·126	1·207
4 S	25·8 „	60 „	2·3	200 „	?	1·338
5 a S	17·75 „	93·6 „	5·3	234 „	0·094	1·620
13 B[1]	38 „	100 „	2·6	160 „	0·108	1·054
10 B	28·5 „	93·75 „	3·3	150 „	0·089	1·134
12 B	33 „	100 „	3·3	160 „	0·101	0·921
11 B	27 „	93·75 „	3·4	150 „	0·092	1·320
20 B	28·3 „	100·8 „	3·5	150 „	Spuren	1·343
8 B	25 „	91·3 „	3·6	137 „	„	1·093
9 B	25 „	91·3 „	3·6	137 „	0·079	1·111
7 B	22 „	94 „	4·3	235 „	0·098	1·584
4 B	20·5 „	94 „	4·7	235 „	0·102	1·518
5 b B	17·75 „	93·6 „	5·3	234 „	0·079	1·503

Aus doppelten Gründen sind die Zuckerprocente des Serums oder des Blutes zwei Minuten nach Vollendung oder etwa 6 bis 8 Minuten nach dem Beginn der Zuckerinjection bemerkenswerth.

Da im Verlauf von wenigen Minuten weder durch Oxydation, noch durch die absondernde Thätigkeit der Niere eine merkliche, über wenige Gramme hinausgehende Zuckermenge zerstört bez. abgeführt sein kann, so wäre unter der gewöhnlichen Annahme, dass die Blutmenge nicht über 7 Procent des Körpergewichts betrage, ein weit höherer Zuckergehalt des Blutes, das 3 bis 4 fache des gefundenen zu erwarten gewesen. — Und andererseits hätte man von vornherein kaum bezweifelt, dass die Zuckerprocente des Blutes in dem Maasse höher gefunden werden müssten, in welchem es die auf die Einheit des Körpergewichtes zugeführte Zuckermenge gewesen wäre, weil man ohne Widerspruch zu finden zu unterstellen pflegt,

[1] B neben der Ordnungszahl der Versuche bedeutet, dass die Bestimmung des Zuckers im Blute, S dass sie im Serum vorgenommen wurde.

dass bei Hunden zwischen Körpergewicht und Blutmenge eine bestimmte, oder wenigstens eine nur in engen Grenzen schwankende Proportion besteht. Auch in dieser Erwartung täuschen uns die Zahlen. Wiederum weisen die mannigfachen Schwankungen des Zuckerprocentes im Blute, bei steigendem Betrag des Zuckerzusatzes zu der Einheit des Körpergewichtes auf ein noch zu lösendes Problem hin. Einen Schritt weiter zu seiner Aufhellung führt die Untersuchung des Blutes, welches eine oder zwei Stunden nach Vollendung der Zuckerinjection abgefangen wurde.

Aenderung im Zuckergehalt des Serums oder Blutes mit der fortschreitenden Zeit.

1. Körpergewicht: 39^{kgr}. Eingespritzt 38^{grm} Zucker; pro Kilogr. $0 \cdot 9^{grm}$. In 24 Stunden ausgeharnt $8 \cdot 58^{grm}$ Zucker.

Vor der Einspritzung im Serum:	0·137 Prct. Zucker
2 Minuten nach der Einspritzung:	0·805 „ „
1 Stunde 7 Min. nach der Einspritzung:	0·072 „ „
20 Stunden „ „ „	0·101 „ „

2. Körpergewicht: 17^{kgr}. Eingespritzt 40^{grm} Zucker; pro Kilogr. 2.3^{grm}. In 5 Stunden ausgeharnt: 7.275^{grm} Zucker.

Vor der Einspritzung im Serum:	0·126 Prct. Zucker
2 Minuten nach der Einspritzung:	1·207 „ „
1 Stunde 5 Min. nach der Einspritzung:	0·114 „ „
24 Stunden „ „ „	0·136 „ „

3. Körpergewicht: $28 \cdot 5^{kgr}$. Eingespritzt 60^{grm} Zucker; pro Kilogr. $2 \cdot 1^{grm}$. In 10 Stunden ausgeharnt $14 \cdot 00^{grm}$ Zucker.

Vor der Einspritzung im Serum:	0·162 Prct. Zucker
2 Minuten nach der Einspritzung:	1·775 „ „
1 Stunde „ „ „	0·245 „ „

4. Körpergewicht: $28 \cdot 25^{kgr}$. Eingespritzt $100 \cdot 8^{grm}$ Zucker; pro Klg. $3 \cdot 5^{grm}$. In 1 Stunde ausgeharnt $27 \cdot 15^{gr}$ Zucker.

Vor der Einspritzung im Blute:	Spuren
2 Minuten nach der Einspritzung:	1·343 Prct. Zucker
1 Stunde „ „ „	0·366 „ „

5. Körpergewicht: 33^{kgr}. Eingespritzt 100^{grm} Zucker pro Kilogr. 3.0^{grm}. In 4 Stunden 15 Min. ausgeharnt 21.38^{grm} Zucker.

Vor der Einspritzung im Blute:	0.108 Prct. Zucker
2 Minuten nach der Einspritzung:	1.054 „ „
2 Stunden „ „ „	0·159 „ „
4 „ 30 Min. nach der Einspritzung:	0·054 „ „

6. Körpergewicht: 28.5 kgr. Eingespritzt 93.75 grm; Zucker pro Klg. 3·3 grm. In 2 Stunden ausgeharnt 10·06 grm Zucker.

Vor der Einspritzung im Blute:	0·089	Prct. Zucker
2 Minuten nach der Einspritzung:	1·134	„ „
2 Stunden „ „ „	0·102	„ „

7. Körpergewicht: 27 kgr. Eingespritzt 93·75 grm Zucker; pro Klg. 3·4 grm. In 2 Stunden ausgeharnt 17·18 grm Zucker.

Vor der Einspritzung im Blute:	0·092	Prct. Zucker
2 Minuten etwa nach der Einspritzung:	1·320	„ „
2 Stunden „ „ „ „	0·108	„ „

8. Körpergewicht: 33 kgr. Eingespritzt 100 grm Zucker; pro Kilogr. 3·0 grm. In 2 Stunden ausgeharnt 19·19 grm Zucker.

Vor der Einspritzung im Blute:	0·101	Prct. Zucker
2 Minuten nach der Einspritzung:	0·921	„ „
2 Stunden „ „ „	0·117	„ „

Aus dem baldigen Verschwinden des Zuckers in dem Harne war auf eine entsprechende Abnahme der Zuckerprocente des Blutes geschlossen worden; die unmittelbare Untersuchung des Blutes bestätigte über alle Erwartung hinaus die Folgerung. Noch viel rascher als man nach dem Versiegen der Ausscheidung des Zuckers durch den Harn erwartet hatte, war der Gehalt desselben im Blute auf den normalen Grad herabgesunken.

Obwohl die Bestimmung der Abhängigkeit zwischen dem Erscheinen des Zuckers im Harn und seiner Dichtigkeit im Blute nicht in den Kreis meiner Aufgabe fällt, möchte ich doch die Erscheinung nicht mit Stillschweigen übergehen, dass bei gleichem Gehalt des Zuckers im Blute vor und nach der Einspritzung desselben, sich sein Austritt aus den Nieren wesentlich verschieden verhält. In dem Harn fand sich, wovon ich mich öfter überzeugte, kein Zucker vor der Einspritzung desselben, er war dagegen noch vorhanden, nachdem seine procentische Menge im Blute, auf den früher vorhandenen Grad herabgekommen war. Den Beweis hierfür schöpfe ich aus den auf S. 218 und 219 angeführten Analysen des Harns und Blutzuckers der mit 1. 2. bezeichneten Versuchen. Werden ihre Angaben verglichen, so ergiebt sich:

In 1. betrug der Zuckergehalt des Serums vor der Einspritzung = 0·137 Procent, der abgefangene Harn war zuckerfrei. 67 Minuten nach vollendeter Einspritzung wurde der Zuckergehalt des Serums zu 0·072 Procent und 19 Stunden später zu 0·101 Procent gefunden, und dennoch enthielt der Harn, welcher in den 3. bis 20. Stunde abgesondert war, noch 6·9 grm Zucker, dessen Anwesenheit nicht auf einen früher abgeschiedenen und in

der Blase zurückgebliebenen Rest zuckerhaltigen Harnes bezogen werden konnte, weil der Harn in der 3. und 6. Stunde nach der Einspritzung des Zuckers mit dem Katheter entleert war.

In Beobachtung 2. betrug der Zuckergehalt des Serums vor der Einspritzung = 0·126 Procent Zucker, der Harn war zuckerfrei. 65 Minuten nach der Einspritzung ward er zu 0·114 Procent und 23 Stunden später zu 0·136 Procent gefunden und doch enthielt der Harn, welcher in der 5. bis 24. Stunde erschien noch 0·2^{grm} Zucker.

Mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit darf man behaupten, dass die in den erwähnten Versuchen aufgetretenen Erscheinungen keineswegs vereinzelt dastehen. Denn nach den acht Bestimmungen, die vorhin vorgelegt wurden, muss es als Regel gelten, dass 2 Stunden nach der künstlichen Bezuckerung des Blutes das ursprünglich vorhandene Zuckerprocent des Blutes wieder hergestellt ist, und doch verschwindet nur ausnahmsweise der Zucker nach dieser Zeit aus dem Harn. — Auf die Autorität Cl. Bernard's[1] hin, glaubt man gegenwärtig annehmen zu dürfen, dass die Niere sich erst den Zucker des Blutes aneigne, wenn derselbe auf 0·3 Procent gestiegen sei. Da kein Grund vorliegt an dem Ansspruch dieses genauen und erfahrenen Physiologen zu zweifeln, so würde aus meinen gegentheiligen Beobachtungen folgen, dass der Niere durch die vorausgegangene Einwirkung eines zuckerhaltigen Blutes eine erhöhte Befähigung für die Abscheidung des Zuckers ertheilt worden sei.

Nach dieser Abschweifung kehre ich zur Betrachtung des Zuckergehaltes im Blute zurück. Aus den Analysen des Serums und des Blutes hatte sich ergeben, dass schon 2 Minuten nach der vollendeten Injection beträchtlicher Mengen der Procentgehalt des Zuckers nur die Hälfte, ja nur ein Viertel von dem betrug, welcher unter der Voraussetzung vorhanden sein musste, dass die Thiere 7 Procent ihres Körpergewichtes an Blut beherbergen. Und noch mehr, es hatte sich herausgestellt, dass 2 Stunden nach der Einführung des Zuckers aus dem vorhandenen Procentgehalt nicht mehr ersichtlich war, welchen Zuckerzusatz das Blut empfangen hatte.

Das Haemoglobin des Blutes nach der Zuckerinjection.

Weshalb der Zuckergehalt des Blutes weit niedriger gefunden wurde, als es auf Grundlage berechtigter Annahmen nach der Zuführung so bedeutender Zuckermengen zu erwarten gewesen, konnte bedingt sein, entweder dadurch, dass der überflüssige Zucker ausgewandert, oder dass in die Gefässe eine das Blut verdünnende Flüssigkeit eingetreten war, oder

[1] Bernard, *Leçons sur le diabète.* 1876. p. 152.

aber das beides gleichzeitig stattgefunden hatte. Welche von diesen Möglichkeiten verwirklicht war, musste sich aus dem Verhältniss finden lassen, in welchem das Haemoglobin vor und nach der Einspritzung des Zuckers zu der Blutflüssigkeit stand.

Der Grund, welcher mich zur Bestimmung des relativen Haemoglobingehaltes greifen liess, um über eine möglicher Weise eingetretene Verdünnung des Blutes Auskunft zu erhalten, ist leicht ersichtlich. Das Blutroth gehört, seine dauernde Befestigung an den Blutscheiben vorausgesetzt, zu denjenigen Theilen des Blutes, welche ihm bei mannigfachem Wechsel anderer Stoffe unveränderlich angehörig bleiben. Dass dieses namentlich auch dann gilt, wenn dem Blute von aussen her eine concentrirte Zuckerlösung zufliesst, ergiebt sich, weil man beim Eintritt der genannten Bedingung nirgendswo ein rothes Extravasat findet, weil der Harn kein Eiweiss enthält und weil das auf der Centrifuge aus bezuckertem Blute hergestellte Serum vollkommen farblos ausgeschieden wird. — Bei der Ausführung der Bestimmungen nach der Methode Welcker's diente meistens das Haematinometer von Hoppe-Seyler, das Blut wurde nach den Vorschriften v. Lesser's aufgefangen. Als nach meiner Abreise von Leipzig ein Vierordt-Hüfner'scher Spectralapparat in den Besitz des Institutes kam, sind auch von Hrn. Dr. Bohr mit ihm zwei Bestimmungen ausgeführt und mir mitgetheilt worden.

Das Verhalten des Blutes, welches wenige Minuten nach der Zuführung des Zuckers entlassen war, wies deutlich auf einen verdünnten Zustand desselben hin. Seine Farbe war ein sehr helles Roth und die Gerinnung desselben erfolgte ungewöhnlich langsam. Die Bestätigung gewährten die Relationen der Färbekraft zwischen dem vor und zwei Minuten nach der Einspritzung entnommenen Arterienblute. Zu den Zahlen der folgenden Tabelle ist zu bemerken, dass die Färbekraft der vor dem Einspritzen des Zuckers entnommenen Probe zu 100 gesetzt worden ist.

Versuchsnummer.	Körpergewicht.	Eingespritzt.		Wasser.	Färbekraft des nach der Einspritzung entzogenen Blutes.
		Gesammt-Zuckermenge.	Zucker per Kilogrm. des Körpergew.		
1	28·3 kgr	100·8 grm	3·5 grm	150 grm	31·4
2	28·5 „	93·75 „	3·3 „	150 „	54·5
3	27·0 „	93·75 „	3·4 „	150 „	57·5
4	25·5 „	101·5 „	3·98 „	120 „	57.5
5	25·0 „	91·3 „	3·6 „	137 „	68·0
6	38·0 „	100·0 „	2·6 „	160 „	69·8
7	25.0 „	91·3 „	3·6 „	137 „	70·9
8	33·0 „	100·0 „	3·0 „	160 „	73·0
9	28·5 „	60·0 „	2.1 „	200 „	81·02

Mit dem Apparat von Vierordt-Hüfner bestimmt.

Versuchsnummer.	Körpergewicht.	Gesammt-Zuckermenge.	Zucker per Kilogrm. des Körpergew.	Wasser.	Färbekraft des nach der Einspritzung entzogenen Blutes
10	14·0 kgr	110 grm	7·8 grm	184 grm	66·00
11	14·5 „	95 „	6·6 „	217 „	70·00

Beides, der Umfang und die Geschwindigkeit mit welcher das Blut nach dem Eintritt der Zuckerlösung in den Gefässraum sich verdünnt hat, wirken in hohem Grade überraschend. In einem Fall ist der Haemoglobingehalt von 100 auf 31 und wiederholt von der ersteren Höhe auf 50 bis 57 gesunken, was nur durch eine Vermehrung der Blutflüssigkeit auf das Doppelte bis Dreifache geschehen konnte, und der Zuwachs hat sich, wenn man vom Beginn der Einspritzung des Zuckers an rechnet, in etwa 6 bis 8 Minuten eingefunden.

Genügt nun die Vermehrung der Blutflüssigkeit um den niedrigen Werth der Zuckerprocente zu begreifen, welcher 2 Minuten nach der vollendeten Einspritzung im Blute gefunden wurde? Eine Antwort hierauf lässt sich versuchen, wenn man sich über die ursprünglich vor der Zuckereinspritzung vorhandene Blutmenge eine Annahme gestattet. Nehmen wir an, dieselbe habe für je ein Kilogr. des Hundes 70 bis 85 ccm betragen, so lässt sich aus der gefundenen Herabminderung, welche die Farbekraft erfahren hatte, der eingetretene Verdünnungsgrad berechnen; hieraus und aus der für das Kilogr. des Thieres eingeführten Zucker- und Wassermengen lässt sich das Zuckerprocent ableiten, welches das Blut unter der Voraussetzung besitzen musste, dass kein Zucker aus dem Gefässraum ausgetreten war, welches, insoweit der Abgang durch die Nieren in Betracht kommt, wohl angenommen werden darf. In 7 meiner Versuche waren die Unterlagen bekannt, die zur Ausführung der Rechnung nothwendig waren.

Versuchs-Nummer.	Zucker per Kgr.	Wasser per Kgr.	Relative Färbekraft.	Berechnete Blutmenge, wenn sie ursprünglich = 70 per Kgr.	Berechnete Blutmenge, wenn sie ursprünglich = 85 per Kgr.	Berechnetes Zucker-Procent. bei 70	Berechnetes Zucker-Procent. bei 85	Gefundenes Zuckerprocent. nach der Einspr.	Gefundenes Zuckerprocent. vor der Einspr.
1	3·5 grm	5 grm	31·4	223	270	1·53	1·27	1·34	Spuren
2	3·3 „	5 „	54·0	136	165	2·34	2·03	1·13	0·09
3	3·4 „	6 „	57.5	122	147	2·65	2·24	1.32	0.09
5	3·6 „	5 „	68.0	103	125	3·33	2·77	1·111	0·08
6	2·6 „	4 „	69·8	100	121	2·60	2·08	1·05	0.11
7	3·6 „	5 „	70·9	98	120	3·46	2·88	1·09	Spuren
8	3·0 „	5 „	73·0	96	116	3·26	2·73	0·92	0.107

In den 5. Stab der Zusammenstellung sind eingetragen die unter der Voraussetzung, es sei dem Blute kein Zucker abhanden gekommen, berechneten Zuckerprocente und im folgenden die wirklich gefundenen Werthe desselben. Eine Vergleichung beider beseitigt allen Zweifel daran, dass der im Blute vorhandene Zucker bedeutend hinter dem, in das Blut eingeführten zurücksteht. Ein beträchtlicher Antheil des letzteren muss also auf irgend welche Art aus dem Blute verschwunden sein.

Was zwei Minuten nach der vollendeten Einspritzung des Zuckers sich nur mit Hülfe einer Rechnung wahrnehmen liess, springt ein bis zwei Stunden später unmittelbar aus den Ergebnissen der Analyse hervor. Jetzt ist der procentische Gehalt des Blutes an Zucker vollkommen oder nahezu auf den Punkt herabgekommen, der ihm vor der Zuführung der Zuckerlösung eigen war. Und dass hieraus auf ein Zurückkommen zu der gleichen, auf die ursprünglich vorhandene absolute Menge des Blutzuckers geschlossen werden kann, beweisst das Anwachsen der Färbekraft, die nun ebenfalls wieder der vor der Einspritzung des Zuckers besessenen Stärke sich nähert, sie erreicht, oder sogar überschreitet. Im Verlauf von wenigen Stunden ist also gleichzeitig mit dem Verschwinden des Zuckers auch die Flüssigkeit vollständig oder zum grössten Theil zurückgetreten, die den relativen Gehalt des Blutes an rothen Scheiben herabgesetzt hatte. In der Zahlenreihe, aus welcher sich die vorstehenden Angaben ableiten, ist die Färbekraft des Blutes vor der Einspritzung des Zuckers zu 100 angenommen worden. Selbstverständlich sind die Bestimmungen der Zuckerprocente und der Färbekraft, die in den späteren Terminen nach der Einspritzung des Zuckers vorgenommen wurden, an denselben Thieren ausgeführt, bei welchen dieselben Werthe, 2 Minuten nach der vollendeten Zuckerinjection ermittelt worden sind. Um dem Leser die Vergleichung zu ermöglichen, sind die Ordnungszahlen der auf S. 224 befindlichen Tabelle auch in der folgenden benutzt werden.

Versuchs-Nummer.	Zeit seit der Einspritzung verflossen.	Relative Färbekraft des Blutes.	Zuckerprocente des Blutes.	
			Nach der Einspritzung.	Vor der Einspritzung.
1	1 Stunde	45·0	0.366	Spuren.
9	1 „	99·7	0·245	0·162
2	2 „	76·6	0·102	0·089
3	2 „	72·4	0·108	0·092
4	2 „	83·0	?	?
8	2 „	98·6	0·117	0·101
6 a	2 „	93·0	0·159	0·108 (6 a und 6 b)
6 b	4 „	102·7	0·054	

Mit dem Apparat von Vierordt-Hüfner.

Versuchs-nummer.	Zeit seit der Einspritzung verflossen.	Relation der Färbekraft des Blutes.
10	2 St. 30 Min.	120·0
11	7 „ 30 „	111·0

Findet sich der aus dem Blute verschwundene Zucker in den Gewebssäften?

Wegen der Geschwindigkeit, mit der sich der Zucker aus dem Blute verliert, wird anzunehmen sein, dass er durch die Wand aus der Höhle der Gefässe getreten sei, um so mehr, weil für die Anschauung, dass er in merklichem Umfang innerhalb des Blutstromes in seine schliesslichen Oxydationsproducte zerfalle, keine der uns bekannten Thatsachen spricht.

Zur Beurtheilung der Kräfte, welche den Zucker veranlassen, aus dem Blute zu treten, würde unter anderen die Kenntniss seiner Vertheilung auf die in verschiedenen Geweben eingebetteten, oder sie durchtränkenden Flüssigkeiten nothwendig sein. Auskunft hierüber zu verschaffen, die vielen Schwierigkeiten zu überwinden, welche sich dem Unternehmen entgegensetzen, dazu würde mehr Zeit als mir in diesem und den nächsten Jahren verfügbar bleibt nöthig sein. Um jedoch die vorliegende Frage nach Kräften zu fördern, entschloss ich mich zu prüfen, ob der aus dem Blute ohne Beihülfe der Niere verschwundene Zucker in den Geweben wiederzufinden sei. —

Zu den Versuchen verwendete ich Kaninchen, weil bei ihnen ein grösserer Bruchtheil der Körpermaasse zur Analyse verwendbar ist. Den Thieren können im Verlauf von einer halben bis dreiviertel Stunden für je 1 Kilogr. 12 bis 18 grm Zucker mittelst einer sehr concentrirten Lösung durch die Jugularvene beigebracht werden, wenn man vorsichtig verfährt. Geschieht die Einverleibung des Zuckers zu rasch, so tritt alsbald unter Zuckungen der Tod ein. Die ersten Anzeichen der drohenden Gefahr liefern die Athembewegungen. Wenn sich ihr Takt bedeutend beschleunigt, so muss sogleich der Zufluss der Zuckerlösung unterbrochen und mit der Zuführung gewartet werden, bis das ruhige Athmen wiedergekehrt ist; erst dann darf das Einströmen neuer Zuckermengen wieder beginnen.

Während der längeren Zeit, welche somit die Einführung relativ grosser Zuckermengen verlangt, entleert das Thier den rascher abgesonderten Harn in der Regel mehrmals. Durch eine geeignete Lagerung des Kaninchens über einer geräumigen Porzellanschale, ist dafür zu sorgen, dass die

gesammte Menge des abgeschiedenen Harnes aufgefangen werde, damit der in ihm enthaltene Zucker zu bestimmen ist. Endlich wird aber der weiteren Ueberführung von Zucker in die Vene Einhalt geboten, weil sich Zuckungen der Glieder einfinden, denen der Tod zu folgen pflegt. Begannen die Zuckungen, so wurde der Zufluss des Zuckers eingestellt und das Thier durch eine schon vorher in die A. carotis eingebundene Canüle entblutet. Aus der Leiche wurde dann der in der freigelegten Blase enthaltene Harn ausgedrückt. Bei der hierzu nöthigen Eröffnung des Unterleibes liess sich erkennen, ob sich in der Höhle des letzteren seröse Flüssigkeiten angehäuft hatten. Waren sie vorhanden, so wurden sie in einer Porzellanschale sorgfältig gesammelt und später auf Zucker verarbeitet. Darauf wurden die Leber, die Niere und möglichst grosse Mengen der Muskelmassen ausgeschnitten, gewogen und in der Weise weiter behandelt, wie es auf S. 215 angegeben wurde. Der Grund, weshalb ich rasch auf die vollendete Einspritzung des Zuckers die Untersuchung folgen liess, war, weil zu dieser Zeit die dem Thiere beigebrachten Zuckermengen voraussichtlich nur zum geringeren Theile der respiratorischen Oxydation anheim gefallen waren.

1. Körpergewicht $2 \cdot 0^{\text{kgrm}}$. Während einer halben Stunde werden eingespritzt: 50^{Ccm} Flüssigkeit, welche 25^{grm} Zucker und $0 \cdot 25^{\text{grm}}$ Na Cl enthalten. — Es fanden sich im entleerten Harne $10 \cdot 03^{\text{grm}}$. In 357^{grm} Muskel, Leber und Niere $0 \cdot 613^{\text{grm}} = 0 \cdot 17$ Procent. — In 100 Theilen Blutes, $2 \cdot 030^{\text{grm}}$ Zucker.

Nehmen wir, um nirgends zu niedrig zu greifen, an, dass die Blutmenge in Folge von Zuckerinjection 12 statt der gewöhnlichen 6 Procent des Körpergewichts betragen habe, und dass im blutfreien Körper alle Bestandtheile, Haare, Darminhalt, Knochen u. s. w. mit eingeschlossen, von dem Zucker ebensoviel enthalten haben, wie die untersuchten Muskeln, Nieren und Leber, so würden wir zu folgendem Ueberschlag gelangen:

Im Blute	4.87^{grm} Zucker
In 1760^{grm} blutfreien Thieres	$2 \cdot 93$ „ „
Ausgeharnt	$10 \cdot 03$ „ „
	$17 \cdot 83^{\text{grm}}$ Zucker
Eingespritzt:	$25 \cdot 00$ „ „
Nicht wiedergefunden:	$7 \cdot 17^{\text{grm}}$ Zucker

2. Körpergewicht: $1 \cdot 9^{\text{kgrm}}$. Während dreiviertel Stunden eingespritzt: 70^{Ccm} Flüssigkeit, mit 35^{grm} Zucker und $0 \cdot 35^{\text{grm}}$ Na Cl. — Es fanden sich im entleerten Harne: $3 \cdot 419^{\text{grm}}$. — In 45^{Ccm} Peritonealexsudat: $1 \cdot 779^{\text{grm}}$, in 100 Theilen Blutes $3 \cdot 00$. In 275^{grm} Muskel, Leber und Nieren $2 \cdot 275^{\text{grm}} = 0 \cdot 82$ Procent Zucker.

Unter den im vorigen Versuch angenommenen Voraussetzungen wären enthalten gewesen:

Im Blute	6·824 grm	Zucker
Im Peritonealexsudat	1·779 „	„
In 1672 grm blutfreien Thieres	13·341 „	„
Im Harn	3·419 „	„
	25·363 grm	Zucker
Eingespritzt:	35·000 „	„
Nicht wiedergefunden:	9·637 grm	Zucker

3. Körpergewicht: 2.2 kgrm. Allmählich eingespritzt: 80 Ccm Flüssigkeit, welche 40 grm Zucker und 0.4 Na Cl enthalten. — Es fanden sich im entleerten Harne 13·86 grm. In 291 grm Muskel, Leber und Nieren 1·627 = 0·56 Procent. — In 100 Theilen Blutes 3·154 grm Zucker.

Unter den früheren Voraussetzungen wäre enthalten gewesen:

Im Blute	8·327 grm	Zucker
In 1936 grm blutfreien Thieres	10·822 „	„
Ausgeharnt	13·860 „	„
	33·009 grm	Zucker
Eingespritzt:	40·000 „	„
Nicht wiedergefunden:	6·991 grm	Zucker

Da in den wesentlichen Punkten die Ergebnisse der drei Versuche übereinstimmten, so hielt ich die nochmalige Wiederholung derselben für überflüssig. Bei der Besprechung des Befundes wird auseinander zu halten sein das in den Geweben vorhandene Zuckerprocent und der nicht wiedergefundene Betrag des zugeführten Zuckers.

Auf das gesammte Gewicht der Muskeln, der Leber und der Niere bezogen, fanden sich, in 1. = 0.17, in 2. = 0·82, in 3. = 0.56 Procent Zucker. Nehmen wir den Wassergehalt der Gewebe zu 75 Procent an, so würden sich aus den Zahlen für 1=0·24, für 2=1·09, für 3=0.75 Procent berechnen, ein Gehalt, welcher unzweifelhaft beweist, dass Zucker aus dem Blute in die Säfte übergetreten ist. — Unter der weiteren Annahme, dass sich der Zucker gleichmässig auf das in den Geweben enthaltene Wasser vertheilt habe, würde sein Zuckergehalt jedoch beträchtlich hinter dem des Blutes zurückstehen, denn dieser betrug in 1.=2·03, in 2.=3·00, in 3.=3·15 Procent. Unbezweifelt ist jedoch die Unterstellung nicht statthaft, dass sich der Zucker gleichmässig über das in den Geweben haftende Wasser verbreitet habe; hierüber belehrt uns der Zuckergehalt des Bauchfell-

exsudates im 2. Versuche, welcher 3·95 Procent, also selbst mehr als der des Blutes betrug. Daraus ist denn auch ohne Weiteres zu erkennen, dass aus dem zwischen Zucker und Gewebsmassen gefundenen Verhältniss kein Schluss auf die Dichtigkeit des Zuckers in den Flüssigkeiten gezogen werden kann, welche zunächst die Wandungen der Blutgefässe umspülen.

Zur Erklärung der Fehlbeträge des in der Kaninchenleiche gefundenen Zuckers, gegenüber dem eingespritzten, wird man zunächst einen Mangel der analytischen Methode verantwortlich machen wollen. Bei der Bestimmung der eingespritzten Menge konnte ein Fehler nur durch eine Fahrlässigkeit beim Bereiten der Zuckerlösung und ihrer Einspritzung in die Vene entstehen. Da ich eine solche für ausgeschlossen halten muss, so wäre nur an einen Verlust zu denken, der bei dem Wiedergewinnen des im Harne und in der Leiche enthaltenen entstanden wäre. Gegen diesen Einwand wäre zu erwidern, dass der Harn mit aller Sorgfalt aufgefangen und die Weichtheile so lange mit Wasser ausgezogen und unter der hydraulischen Presse behandelt wurden, bis sich aus ihnen kein Zucker mehr gewinnen liess. — Bei der hiernach vorhandenen Wahrscheinlichkeit oder vielleicht noch besser bei der Gewissheit, dass der Grund, weshalb nicht aller Zucker wiedergefunden wurde, keinem Mangel des analytischen Verfahrens zuzuschreiben sei, würden allein noch die Grundlagen der Rechnung als unzureichende anzuklagen sein. Sie sind es sicher insofern, als sich aus ihnen die wahre, in der Leiche vorhandene Zuckermenge nicht ableiten lässt, aber es ist doch sehr wahrscheinlich, dass auf die dem Ueberschlag zu Grunde gelegten Daten der Zucker sich über, nicht aber unter die in den blutleeren Geweben wirklich vorhandene Menge berechnet. Muskeln, Niere und Leber wurden, weil nicht anders möglich, noch bluthaltig zur Ermittelung ihres Zuckergehaltes verwendet; wegen dieser Beimischung musste der Gehalt der Weichtheile an Zucker über das ihnen zukommende Maass jenes Stoffes gefunden werden. Unter Vernachlässigung des voraussichtlich vorhandenen Ueberschusses wurde angenommen, dass alle Bestandtheile der blutfreien Leiche gleich zuckerhaltig gewesen seien, obwohl sie von dem eingespritzten Zucker gar nichts wie die Haare, Zähne, der Inhalt des Magens oder weniger als die zur Analyse verwendeten wie Knochen und Sehnen aufgenommen haben müssen. In Erwägung aller Umstände halte ich mich für berechtigt, das Bestehen des Verlustes für thatsächlich begründet zu halten, wenn ich auch ausser Stande bin eine Vermuthung darüber auszusprechen, wohin und auf welche Weise der nicht wieder gefundene Zucker verschwunden sei.

Vertheilung der in das Blut gelangten Flüssigkeiten auf Plasma und Körperchen.

Von der Flüssigkeit, die durch die Gefässwand hindurch zum Plasma drang, eignen sich voraussichtlich die Blutscheiben einen Antheil an, weil sie als quellungsfähige Körper ihren Wassergehalt dem Dichtigkeitsgrade des Mediums anpassen, in welchem sie schwimmen. Eine besondere Veranlassung für den Eintritt von Flüssigkeit in das Gefüge der rothen Scheiben giebt zudem noch der Zucker der zum Blut gelangt ist, weil ein Theil desselben in die Körperchen eindringt. Den Beweis liefern die Procente des Zuckers im Serum und im Gesammtblut vor und nach einer reichlichen Zuckereinspritzung. — In der Regel ist, wie Bleile nachgewiesen, der Procentgehalt des Blutes an Zucker beträchtlich geringer als der des Serums, so dass der Quotient des zuletzt in den erstgenannten Werth zwischen 0·5 und 0.8 schwankt; ist aber das Blut stark bezuckert worden, so nähert sich der Quotient der Einheit. Aus meinen Beobachtungen gebe ich ein Beispiel:

Einem nüchternen 17 ^{kgrm} schweren Hunde wurde Blut entzogen, aus einem Theil desselben, Serum abgeschieden und der Zucker im frischen Blute und im Serum bestimmt. — Dann wurden dem Thiere 93·6 ^{grm} Zucker in wässeriger Lösung durch die Vene jugularis eingeführt und wie vorher mit einem Antheil des nun abgelassenen Blutes verfahren.

Es ergab sich:

	Zuckergehalt in 100 Theilen Serum.	Zuckergehalt in 100 Theilen Blutes.	$\frac{\text{Zuckergehalt des Blutes}}{\text{Zuckergehalt des Seerum.}}$
Vor der Einspritzung	0·094	0·079	0·84
Nach der Einspritzung	1·614	1·503	0·93

Da sich nun bekanntlich der Quotient aus den Zuckerprocenten um so mehr von der Einheit entfernt, je mehr der Zuckergehalt des Serums über den der Blutscheiben angestiegen ist, so müssen die letzteren vor der Einspritzung ärmer an Zucker als nach der Einspritzung desselben gewesen sein.

Haben sich aber die rothen Scheiben mit Zucker beladen, so müssen, da dessen Vermehrung den Eintritt von Flüssigkeit in das Blut veranlasste, auch die Scheiben von ihr durchtränkt werden.

In welchem Verhältniss sich die verdünnende Flüssigkeit auf die 100 Vol. Blut angehörigen Körperchen und Plasma vertheilt wird sich finden lassen; leider vergönnte mir meine Zeit nur die Ausführung einiger

und namentlich der folgenden Bestimmungen, deren Werth auf einer, wie ich voraussetze, zutreffenden Annahme beruht. — Verdünnt sich die bezuckerte Blutflüssigkeit mit einer wässerigen aus den Geweben stammenden Lösung, so kann das in dem Plasma enthaltene gerinnbare Eisweiss nur vermehrt, keinenfalls jedoch vermindert werden. Als Colloid diffundirt das Eiweiss überhaupt nur langsam, und wenn, so wäre zu erwarten, dass in das Blut ein Antheil des auf der Aussenfläche gelegenen Vorrathes überginge, weil hier die Eiweisslösung dichter und dort verdünnter geworden ist. In Folge der angestellten Betrachtung ist die Annahme gestattet, dass ebensowenig wie das Haemoglobin auch das gerinnbare Eiweiss den Gefässraum verlassen habe. Thatsächlich spricht hierfür, dass der Harn nach der Zuckereinspritzung niemals Eiweiss enthält.

Gesetzt, es werden im Blute die Relationen der Färbekraft und die Eiweissprocente im Serum vor und nach der Zuckereinspritzung ermittelt, so würde es für das zu findende Verhältniss zwischen den Färbekräften gleichgültig sein, ob die verdünnende Flüssigkeit in's Plasma oder in die Körperchen eintrat, denn das Haemoglobin wird nicht im Verhältniss zu einem, sondern zu allen Bestandtheilen des Blutes ausgewerthet; seine Verdünnung giebt damit ein Maass für die des Blutes überhaupt.

Anders mit dem Eiweiss des Serums. Verfügte sich die gesammte Menge der in den Gefässraum übergetretenen Flüssigkeit in die Körperchen, so würde vor wie nach der procentische Gehalt des Serums an Eiweiss der gleiche sein. Mischt sich dagegen die Flüssigkeit dem Plasma bei, so wird das Eiweissprocent des Serums nach der Einspritzung unter das vorher vorhandene um so tiefer herabsinken, je weniger Plasma das Blut besitzt, je mehr eiweissfreie Flüssigkeit von aussen her zu ihm dringt, und je grösser der Betrag derselben, welcher unter Meidung der Körperchen dem Plasma verbleibt.

Betrüge mithin die Menge der zu 100 Theilen Blut getretenen Flüssigkeit $p + q$, wäre hiervon p zum Plasma, q zu den Körperchen getreten, beliefe sich ferner die Färbekraft der Volumeinheit Blutes vor der Verdünnung auf f und nach ihr auf $f,'$ so würde das Verhältniss der Färbekräfte $\frac{f'}{f}$ durch $\frac{100}{100 + p + q}$ gegeben sein. Fänden sich in 100 Theilen Serum vor der Verdünnung l und nach der Verdünnung l' Procente Eiweiss, wären endlich in 100 Theilen Blut S Volumina Serum enthalten, so würde $\frac{l'}{l} = \frac{S}{S + p}$ sein.

Die von mir ausgeführten Bestimmungen beschränken sich auf die Ermittelungen des Verhältnisses der Färbekräfte und der Eiweissprocente vor und nach der Verdünnung. Obwohl meine Beobachtungen nur unter

bestimmten Umständen zu einem Schluss über die Art berechtigen, nach welcher sich die zum Blute getretene Flüssigkeit vertheilte, so werde ich sie doch sämmtlich aufzählen müssen, weil den gewonnenen Zahlen nur im Zusammenhang eine Bedeutung zusteht.

Das Material zu den Bestimmungen wurde von grossen, mindestens 25 kgrm wiegenden Hunden gesammelt; unmittelbar vor der Einspritzung des Zuckers wurde ihnen die gerade hinreichende Menge Blutes aus der Art. carotis entzogen; ein zweiter Aderlass wurde 2 Minuten nach vollendeter Einspritzung des Zuckers, ein dritter 1 bis 4 Stunden später ausgeführt. Ein Theil des entnommenen Blutes wurde auf die schon geschilderte Weise gefangen und zur Ermittelung der Färbekraft benutzt; der jedesmal grössere Theil auf die Centrifuge gebracht, wo sich das Serum vollkommen klar und farblos abschied. Zur Coagulation, Reinigung und Wägung des Eiweisses im Serum diente das auf S. 214 beschriebene Verfahren. Weil möglicher Weise durch die von der Anwesenheit des Zuckers bedingte Aenderung des Blutes ein Theil der Eiweissstoffe ungerinnbar geworden war, wurde die vom Coagulum abfiltrirte Flüssigkeit auf dem Wasserbade eingeengt und mit viel 0·96 procentigem Alcohol versetzt. Aus der Geringfügigkeit des erhaltenen Niederschlages ergab sich die Grundlosigkeit der gehegten Befürchtung.

Neun nach dem beschriebenen Verfahren durchgeführte Beobachtungen ergaben, als das Blut 2 Minuten nach der vollendeten Zuckereinspritzung aufgefangen war:

Versuchsnummer.	Körpergewicht.	Eiweiss in 100 Theilen Serum		Verhältniss der Eiweissproc.	Verhältniss der Färbekräfte.
		Vor der Einspritzung des Zuckers.	2 Min. nach der Einspr. des Zuckers.		
10	28·5 kgr	6·54	3·37	0·52	0·54
11	27·0 „	6·51	3·82	0·58	0·58
14	25·5 „	7·19	2·79	0·39	0·58
20	28·3 „	7·01	2·45	0·35	0·31
3	28·5 „	6·28	4·04	0·64	0·81
12	33·0 „	7·02	4.17	0·60	0.73
13	38·0 „	8·31	3·93	0·47	0·70
8	25·0 „	6·29	2·93	0·47	0·71
9	25·0 „	6·90	3·19	0·46	0·68

Den 2 Minuten nach der Einführung des Zuckers lasse ich sogleich die später an sieben derselben Thiere gewonnenen Erfahrungen folgen.

Versuchs-nummer.	Körper-gewicht.	Eiweiss in 100 Theilen Serum		Zeit nach vollendeter Einspritzung des Zuckers.	Verhältniss der Eiweiss-procente.	Verhältniss der Färbe-kräfte.
		Vor der Einspritzung des Zuckers.	2 Min. nach der Einspr. des Zuckers.			
10	28·5 kgr	6·54	6·60	2 Stunden	1·01	0·77
11	27·0 „	6·51	6·66	2 „	1·02	0·72
14	25·5 „	7·19	7·16	2 „	1·00	0·83
20	28·3 „	7·01	5·61	1 Stunde	0·80	0·45
3	28·5 „	6·28	6·78	1 „	1·08	1·00
12	33·0 „	7·02	6·73	2 Stunden	0·96	0·99
13	38·0 „	8·31	7·49	2 „	0·90	0·93
13	38.0 „	8.31	7·37	4 „	0·88	1.02

Der Inhalt der ersteren Zusammenstellung bestätigt die Ergebnisse und befestigt die Schlüsse, die sich auf die Bestimmungen der Färbekraft gründeten; er beweist zugleich, dass von der dem Blute zugewachsenen Flüssigkeit ein grosser Theil im Plasma verblieb. — Ob aber auch die Körperchen sich von ihr durchtränken liessen, darüber empfangen wir erst aus der zweiten Tabelle Aufschluss.

Sie zeigt, dass die Körperchen in der That von der verdünnenden Flüssigkeit einen reichlichen Antheil aufgenommen hatten und noch mehr, dass sie die in ihr Inneres eingedrungene Lösung, langsamer als das Plasma entlassen. Hiergegen kann bei der Uebereinstimmung, welche die einzelnen Beobachtungen aufweisen, kein Zweifel aufkommen. In den Nummern 10, 11 und 14 war die Färbekraft des Blutes noch um 23—28—17 Procent unterhalb der ursprünglichen gefunden worden, der Gehalt des Serums an Eiweiss dagegen auf seinen Ausgangspunkt vor der Einspritzung des Zuckers zurückgekehrt, obwohl er, wie die Tabelle 1 zeigt, zwei Minuten nach derselben auf 0·5, 0.6, 0.4 des ursprünglichen herabgestiegen war. In Nr. 20 hatte sich der Eiweissgehalt des Serums binnen zwei Stunden von 0·35 auf 0·80 des ursprünglichen erhoben, indess die Färbekraft nur bis auf 0·45 der normalen gestiegen war, und in den übrigen 3 Nummern hatte sich der Ausgleich der vorher bestandenen Verdünnung in Plasma und Farbstoff gleichzeitig wieder eingestellt.

Dass die Körperchen bei der flächenhaften Ausbreitung ihrer Masse nicht rascher ihren Ueberschuss an Flüssigkeit an das umgebende Plasma abgeben, dass sie sich der Herstellung des ursprünglichen Gleichgewichts stundenlang widersetzen können, dürfte kaum mit der Annahme einer einfachen Quellung der Blutscheiben zu vereinigen sein. Ob der Zucker innerhalb der Körperchen eine chemische Umwandlung erfahren, oder ob die

Elasticität des Stroma's durch die vorausgegangene Dehnung geändert wurde, sind Fragen, die sich, wenn sie sich gegenwärtig auch nicht beantworten, doch nicht ohne Weiteres zur Seite schieben lassen, denn die Erscheinungen, welche zur ihrer Aufstellung hindrängten, verdienen als eine neue Eigenschaft der Blutkörperchen die volle Aufmerksamkeit.

In den zeitlichen Verhältnissen, unter welchen sich der procentische Eiweissgehalt des Plasma's vermindert, namentlich aber unter denen er sich wieder vermehrt, liegt ein weiterer Grund für die Annahme, dass das Eiweiss des Plasma's den Gefässraum unmittelbar nach der Einführung des Zuckers nicht verlassen habe.

Da sich durch die Einspritzung und in deren Gefolge durch den Eintritt von Flüssigkeit die Blutgefässe stärker füllen, so wäre es nicht undenkbar, dass nach der Entstehung eines stärkeren Druckes auch Eiweiss in vermehrter Menge der Lymphe zuflösse, welches schliesslich nach der Wiederkehr des früheren Füllungsgrades durch den Ductus thoracicus in das Blut zurückkehrte. Die zeitweilige Unterbrechung des Lymphstromes, welche nach der auf S. 214 angegebenen Weise ausgeführt wurde, gab wie die sogleich mitzutheilenden Zahlen erhärten die Auskunft, dass sich trotz der Verstopfung des Ductus thoracicus die Eiweissprocente im Serum und die färbende Kraft des Blutes wieder herstellen. Der Lymphstrom spielt also bei diesen Vorgängen keine Rolle.

Der Versuch verläuft folgendermaassen. Zuerst wird der Ductus aufgesucht, und die mit einem Kautschuckschlauch versehene Canüle in die Vene jugularis sinistra eingesetzt, durch welche das Rohr eingefügt werden sollte, mittelst dessen im gefüllten Zustand der Zufluss des Lymphstromes gehemmt werden konnte. Die Blosslegung des Ductus wurde nur desshalb für nöthig erachtet, damit die Ueberzeugung von seinem wirklich eingetretenen Verschluss zu erlangen war. — Dann wurden die Canülen in die Art. carotis gelegt und das Blut aus ihr abgelassen, das zur Bestimmung der Färbekraft und zum Gewinnen des Serums dienen musste. Hierauf wurde die Harnblase mittelst des Katheters entleert und dann die Zuckerlösung in die Jugularvene eingeführt; zwei Minuten nach Beendigung der Bezuckerung wurde abermals Blut aus der Carotis zu dem gleichen Zwecke wie vorher entnommen. Nun wurde rasch die Röhre bis in die Vene jugularis eingesteckt und das an ihrem Ende befestigte Kautschuckbeutelchen durch Eintreiben von 0·5 $^0/_0$ Kochsalzlösung so weit geschwellt, dass die Wand der Venen von etwas oberhalb der Mündung des Ductus an bis in die Vene anonyma hinein prall an dem Kautschuck anlag. In dieser Lage verharrte die Röhre ein bis zwei Stunden hindurch, während welcher das Thier seiner Fesseln entledigt wurde. Nach Verfluss der genannten Zeit wurde wiederum Blut aus der A. carotis und der Harn

aus der Blase genommen, die Na Cl-Lösung aus der Kautschuckröhre ausgelassen und diese selbst aus der Vene hervorgezogen. Damit war, insofern man nicht noch einmal Blut und Harn gewinnen wollte, der Versuch beendet. Das Thier konnte dann durch Verblutung getödtet und der Harn aus der Leiche entfernt werden.

1. Hund, Körpergewicht: 38 kgrm. — Eingeführt 100 grm Zucker in 160 Ccm Wasser gelöst.

	Eiweiss in 100 Theilen Serum.	Färbekraft.	Zucker in 100 Theilen Blut.	Zucker im Harn.
Vor der Einspritzung des Zuckers	8·31 %	1·00	0·101	0
2 Minuten nach der Einspritzung des Zuckers	3·93 „	0·69	1·054	0
2 Stunden nach Verschliessung des Ductus thoracicus und der Einführung des Zuckers	7·49 „	0·93	0·159	20·96 grm
2 Stunden 15 Min. nach Wiedereröffnung des Ductus thoracicus und 4 Stunden 15 Min. nach Einführung des Zuckers . . .	7·37 „	1·02	0·054	0·42 „

2. Hund, Körpergewicht: 28·3 kgrm. — Eingeführt 100 grm Zucker in 150 Ccm Wasser gelöst.

	Eiweiss in 100 Theilen Serum.	Färbekraft.	Zucker in 100 Theilen Blut	Zucker im Harn
Vor der Einführung des Zuckers	7·01 %	1·00	Spuren	0
2 Minuten nach der Einspritzung des Zuckers	2·45 „	0·31	1·343	0
2 Stunden nach Verschluss des Ductus thoracicus nach der Einführung des Zuckers	5·61 „	0·45	0·366	27·15

Der Druck in den Arterien nach der Einspritzung des Zuckers.

Wenige Minuten nach dem Eintritt der concentrirten Zuckerlösung in die Vene war die Masse der von den Gefässwänden eingeschlossenen Flüssigkeit um ein Bedeutendes gewachsen; wenige Stunden nachher aber

auf den früheren Werth zurückgekehrt. Für die Beurtheilung der Mittel durch welche es dem Blute gelang, sich von dem überschüssigen Volum zu befreien, war es nothwendig, den Druck zu kennen, welcher während jener Zeit in den Arterien herrschte. Angesichts der Erfahrungen über die Aenderungen der Spannung, unter welcher der Inhalt der Arterien nach der Vermehrung des Gefässinhaltes strömt, lässt sich nur durch seine Messung entscheiden, ob der Druck zugenommen und ob hierfür die Erregung der Vasomotoren oder die in höherem Grade beanspruchte Elasticität verantwortlich zu machen sei. Jedenfalls muss unsere Vorstellung von der Art der Bewegung, durch welche die Flüssigkeit zu und von dem Blute geführt wird, wesentlich verschieden ausfallen, wenn der Strom in einer grösseren Zahl von Gefässen unter mässigem oder wenn er in einem beschränkten Gebiet unter höherem Druck fliesst.

Um zur Einsicht in die bestehenden Verhältnisse zu gelangen, wurde die Messung des Drucks in der Art. carotis zwei Minuten vor und zwei Stunden nach der Einführung einer concentrirten Zuckerlösung, in die Vene und gleichzeitig die Bestimmung der Färbekraft ausgeführt.

Hund, Körpergewicht: 14 ^{kgrm}. Eingeführt wurden im Verlauf von sechs Minuten: 184 ^{Ccm} Flüssigkeit, mit 110 ^{grm} Zucker. Auf 1 ^{kgrm} des Thieres 7·8 ^{grm} Zucker.

	Färbekraft des Blutes.	Arterieller Blutdruck in Mm. Hg.
Vor der Einspritzung des Zuckers	1·00	132
1 Minute nach der Einspritzung des Zuckers .	0·69	165
2·5 Minuten nach der Einspritzung des Zuckers	—	167
11 Minuten nach der Einspritzung des Zuckers	0·87	160
2 Stunden 41 Min. nach der Einspr. des Zuckers	1·20	136

Hund, Körpergewicht: 14·5 ^{kgrm}. Eingeführt wurden im Verlauf von fünf Minuten 217 ^{Ccm} Flüssigkeit mit 96·4 ^{grm} Zucker. Auf 1 ^{kgrm} des Thieres 6·6 ^{grm} Zucker.

	Färbekraft des Blutes.	Arterieller Blutdruck in Mm. Hg.
Vor der Einspritzung des Zuckers	1·00	162·7
1 Minute nach der Einspritzung des Zuckers .	0·70	171·8
2 Stunden nach der Einspritzung des Zuckers	1·11	147

Die beiden Versuche wurden von Hrn. Dr. Bohr ausgeführt.

Trotzdem dass der herabgesetzten Färbekraft entsprechend im zweiten Versuch das Blut durch den Hinzutritt einer bedeutenden Flüssigkeitsmenge verdünnt war, hatte der Druck in der Arterie nach der Einführung des Zuckers nicht merklich zugenommen. Bei einer gleichen Aenderung des Farbstoffgehaltes, war der Druck innerhalb der Arterie in der ersten Beobachtung nach der Zuführung des Zuckers gestiegen, aber doch nicht über den absoluten Werth hinaus, welchen der zweite Versuch vor der Einspritzung der Lösung nachgewiesen hatte. Keineswegs waren damit die Grenzen überschritten, in welchen sich die arterielle Spannung bei einem normalen Tonus der Vasomotoren zu bewegen pflegt. Darum bleibt es gestattet, die Steigerung des Druckes auf die stärkere Spannung der gefüllteren Capillaren zu beziehen. Eine weitere Berechtigung hierzu gewährte die reichlichere Blutung, welche gleichzeitig mit dem Wachsen des Druckes aus einigen kleinen kaum sichtbaren Arterien der Haut erfolgte. Wäre der Tonus der Ringfasern erhöht gewesen, so hätte das Gegentheil eintreten müssen. Eine weitere Unterstützung für die Annahme, dass die Ursache des gesteigerten Druckes in der grössern Fülle der Capillaren und Venenwege zu suchen sei, empfangen wir durch eine Vergleichung unserer Ergebnisse mit derjenigen Worm Müller's[1] welcher bekanntlich fand, dass durch eine noch so reichliche Transfusion gesunden Blutes der arterielle Druck nie über seine höheren Normalwerthe hinauszutreiben ist. Ein Steigen des Druckes bringt die Vermehrung der Blutmasse nur dann hervor, wenn derselbe einen geringeren Werth als den zeigt welcher bei mässigem Gefässtonus angetroffen wird.

Der Schluss, zu dem der zweite Versuch zwingend führt, darf demnach auch für den ersten gelten: durch den Hinzutritt einer Flüssigkeitsmenge, welche den Betrag der zugeführten Zuckerlösung weit überschreitet, ist der arterielle Druck nur darum erhöht, weil die mittlere elastische Spannung der Gefässwand gestiegen ist.

Abschliessende Bemerkungen.

So lange unsere Kenntniss von dem geschilderten Vorgange nicht weiter als dahin reichten, dass ein ungewöhnlich hoher Zuckergehalt des Blutes nach kürzerer Zeit und zwar nur zum geringen Theil durch den Harn wieder verschwindet und der Inhalt der Gefässe in seiner normalen Beschaffenheit zurückbleibt, konnte man, insofern man die Auswanderung des unveränderten Zuckers annahm, nur an eine einseitige vom Blute zu

[1] *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1873.

den Geweben gehende Bewegung, mit einem Worte an eine Secretion des Zuckers denken. Näher liegt nach den neuen Erfahrungen der andere Gedanke, dass an der Abscheidung des Zuckers wesentlich ein Diffusionsstrom betheiligt sei. Zu der letzteren Vorstellung passt es, dass zwei Flüssigkeiten die durch eine mit Wasser getränkte Haut getrennt sind, sich zu einem Austausch ihrer Bestandtheile anschicken, wenn, wie es hier geschah, einer derselben eine concentrirte Lösung von Zucker beigemischt ward. Aus dem dichter gewordenen Blut tritt der ihm zugesetzte Zucker in den auf der äusseren Fläche der Gefässe liegenden Gewebssaft und dieser sendet gleichzeitig als Aequivalent einen Strom wässeriger zuckerfreier Flüssigkeit zurück. — Aber bei den beschränkten Maassen der Flüssigkeiten diesseits und jenseits der Scheidewand müsste der Austausch der Bestandtheile bald zu einem Gleichgewicht führen, bei dessen Eintritt das Volum des Gefässinhaltes und anderseits der Grad des Zuckergehaltes der Gewebssäfte über die Werthe gelangten, welche vor der Einführung des Zuckers vorhanden gewesen. Im Gegensatz mit der ausgesprochenen Erwartung stellte sich jedoch das Gleichgewicht ganz anders, nämlich auf die Weise her, dass nach einer bis mehreren Stunden das Volum und der Zuckergehalt des Blutes auf oder sogar unter den Werth zurückgekehrt waren, die ihm vor der Störung seiner Zusammensetzung angehört hatten. Soll die Wiederkehr des ursprünglichen Zustandes aus den bekannten Regeln der Diffusion begreiflich sein, so wäre zu fordern, dass sich derselbe wie auf die Zusammensetzung des Blutes, auch auf die der Gewebssäfte erstreckte, mit anderen Worten, auch die letzteren müssten auf ihren ursprünglichen Zuckergehalt zurückgegangen sein. Da meine Beobachtungen nach dieser Richtung hin keinen Aufschluss geben, so fehlt uns gegenwärtig eine sichere Grundlage für die Behauptung, dass die Diffusion neben der Wasserausscheidung durch die Nieren auch an dem zweiten Theile des Vorganges an der Entfernung der Flüssigkeit einen wesentlichen Antheil besitze, die im Austausch gegen den Zucker zum Blute getreten war. Wenn nun auch der Nachweis noch zu erbringen ist, dass im Verlaufe von einigen Stunden der Zuckergehalt der Gewebe auf seinen früheren Stand zurückkehre, so lassen sich mindestens einige Andeutungen für dieses Geschehen vorbringen.

Zu ihnen zählt vor allem die auf S. 228—229 dieser Abhandlung mitgetheilte Erfahrung, dass sich schon bald nach der vollendeten Einspritzung des Zuckers ein geringerer Antheil dieses Stoffes in den Geweben nachweisen lässt, als er dort zu erwarten gewesen, wenn ihnen die aus dem Blute verschwundene Portion zugekommen und im unveränderten Zustande verblieben wäre.

Voreilig würde es sein, auf diese und die andere Erfahrung, dass der Zucker sich in Glykogen oder in CO_2 und H_2O umwandeln kann, weit-

gehende Schlüsse zu bauen, erwünscht, ja nothwendig dagegen sorgfältigst zu prüfen, ob der Zucker durch einen endosmotischen Process aus dem Blute entfernt wird. — Jede entscheidende Antwort würde von Bedeutung und zwar desshalb sein, weil sie uns über die physikalischen Eigenschaften der wichtigen Gefässwand aufklärte.

Die vormals allgemein gebilligte Anschauung, dass die Diffusion bei der Wanderung der Stoffe zu und aus dem Blute eine hervorragende Rolle spiele, hat durch die genauere Beachtung der an Resorptionen und Absonderungen betheiligten Kräfte eine Einschränkung erfahren, welche es gegenwärtig als zweifelhaft erscheinen lässt, ob die im Organismus verwirklichten Bedingungen einen ähnlichen Austausch zweier durch eine lebendige Haut getrennten Lösungen gestatten, wie wir sie bei dem Gebrauche solcher Scheidewände gewahren, wo stets ein Theil der sie durchsetzenden Flüssigkeit von den Einwirkungen des Stoffes und seinen Anziehungen unbeeinflusst bleibt, aus dem die Porenwand hergestellt ist.

Die thatsächlichen Ergebnisse der vorstehenden Versuche lassen sich in den folgenden Sätzen zusammenfassen.

1. Zwischen dem Quantum des eingespritzten Zuckers und dem mit dem Harne ausgeschiedenen besteht kein directer Zusammenhang; überhaupt ist die Thätigkeit der Nieren mit Bezug auf die Quantität und die Zeit der Zuckerausscheidung aus dem Blute sehr unregelmässig und von der Individualität des Thieres nicht allein abhängend.

2. Unter dem Einfluss der stattgefundenen Zuckereinspritzung in's Blut wird die Befähigung der Nieren, Zucker auszuscheiden erhöht, so dass sie bereits bei 0·1 – 0·07 $^0/_0$ Zuckers im Blute diesen absondern.

3. Zwischen dem Quantum des in's Blut eingespritzten Zuckers und des zwei Minuten später im Blute enthaltenen Procentes desselben besteht kein directer und beständiger Zusammenhang.

4. Zwei Minuten nach Einspritzung bedeutender Quantitäten Zuckers in's Blut ist ein bedeutendes Quantum desselben bereits aus dem Blute verschwunden.

5. Zwei Stunden nach geschehener Einspritzung des Zuckers ist der Procentgehalt desselben im Blute bereits normal.

6. Ein Theil des aus dem Blute verschwundenen Zuckers vertheilt sich in den Gewebssäften; den übrigen Theil hat die Analyse als Zucker nicht entdecken können; vielleicht dass er sich in Glykogen oder Milchsäure verwandelt, oder eine sonstige chemische Metamorphose durchmacht.

7. Zwei Minuten nach Einspritzung des Zuckers in's Blut findet in demselben eine bedeutende Verdünnung statt, welche ausser allem Verhältniss zu dem Quantum der eingespritzten Flüssigkeit steht und nach Verlauf von zwei Stunden vollkommen wieder ausgeglichen ist.

8. Der in's Blut eingespritzte Zucker und das in Folge dessen entstehende Uebermaass von Flüssigkeit vertheilen sich zwischen Plasma und Blutkörperchen.

9. Die Blutkörperchen behalten die in sie eingedrungene Flüssigkeit länger als das Plasma.

10. Das absolute Quantum des Eiweisses im Serum vor und nach der Zuckereinspritzung in's Blut bleibt unverändert.

11. Die Erhöhung des Blutdruckes in den Arterien nach der Zuckereinspritzung hängt ab von der Steigerung der mittleren Elasticität der Gefässwandungen.

12. Die Verdünnung des Blutes nach Zuckereinspritzung in die Vene und das Vorhandensein von Zucker in den Gewebssäften spricht zu Gunsten eines endosmotischen Processes. Ob die Wiederherstellung des Gleichgewichtes im Blute auf dieselbe Weise vor sich geht, bleibt weiteren Prüfungen vorbehalten.

Ueber Herz und Blutkreislauf bei nackten Amphibien.

Von

Conrad Gompertz.

Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.

(Hierzu Taf. IV.)

In seinen Untersuchungen über den Blutkreislauf der Amphibien theilt Brücke[1] eine Reihe interessanter Beobachtungen mit, welche darauf hinweisen, dass bei den nackten Amphibien der grosse und kleine Kreislauf nicht nur getrennt, sondern auch von ungleichen Kräften getrieben wird. Die Einrichtung, welche die fehlende Kammerscheidewand ersetzen sollte, erkannte er in der Function der Spiralklappe des Bulbus arteriosus. Während die anatomischen Beobachtungen Brücke's durch spätere Arbeiten[2] bestätigt wurden, sind die physiologischen Versuche, welche das Fundament seiner Theorie bilden, bisher nicht wiederholt, wohl aber von Fritsch[3] einer Kritik unterworfen worden, die weder die Beweiskraft der Versuche noch die Berechtigung der aus ihnen gezogenen Schlüsse anerkennt. Bei der Bedeutung, welche die Kenntniss des Herzens und des Blutkreislaufs der nackten Amphibien für den Physiologen besitzt, schien eine erneute Bearbeitung des Gegenstandes wünschenswerth. Hr. Prof. Ludwig veranlasste mich daher, das Herz und den Blutkreislauf von Rana esculenta und Bufo cinereus einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen. Die Resultate derselben sollen in Folgendem mitgetheilt werden.

[1] Brücke, Beiträge zur vergleichenden Anatomie und Physiologie des Gefässsystems der Amphibien. *Denkschriften der Wiener Akademie.* 1852.

[2] Fritsch, Zur vergleichenden Anatomie der Amphibienherzen. *Dieses Archiv,* 1869. — Ecker, *Anatomie des Frosches* IV.

[3] A. a. O.

Praeparationsmethoden.

Bei der anatomischen Untersuchung des Herzens wurden verschiedene Praeparationsmethoden angewendet.

Eine Methode bestand darin, dass das Herz mit einer 4 procentigen Lösung von chromsaurem Kali unter constantem Druck gefüllt und in dieselbe Lösung eingetaucht, zwei Tage lang gehärtet, dann mit Wasser ausgewaschen und durch 75 procentigen Alkohol entwässert wurde. Die auf diese Weise hergestellten Praeparate konnten sowohl makroskopisch mit Scheere und Praeparirnadel untersucht, als auch mikroskopisch zur Herstellung ununterbrochener Schnittserien verwendet werden.

Werthvolle Uebersichtspraeparate lieferte die folgende Methode. Das noch schlagende Herz wurde durch eine in die untere Hohlvene eingebundene Canüle einige Minuten lang mit $^1/_2$ procentiger Kochsalzlösung, dann mit Carmin- oder Indigcarminhaltiger Kochsalzlösung durchspült, bis eine deutliche Färbung eintrat; darauf wurde der überflüssige Farbstoff mit reiner Kochsalzlösung ausgewaschen, die rückständige Flüssigkeit durch Einblasen von Luft verdrängt und das Herz nach Abbindung seiner Gefässe unter constanter Luftfüllung getrocknet. Nach 24 Stunden war das Praeparat vollkommen trocken und transparent und liess sich mit dem Messer in frontale und sagittale Hälften zerlegen, welche in Xylol oder Nelkenöl aufgehellt und mit Canadabalsam in vertieften Objectträgern eingebettet wurden. Diese Praeparate, die mikroskopisch nur mit Vorsicht zu verwerthen sind, geben bei Anwendung der Lupe oder eines stereoskopischen Oculars ein übersichtliches Bild der Herzmusculatur.

Bei allen Vortheilen, welche gehärtete Praeparate bieten, erwies sich die Untersuchung des frischen Organs in Kochsalzlösung nothwendig, um die Veränderungen beurtheilen zu können, welche die Gewebe durch ungleichmässiges Schrumpfen in den Erhärtungsflüssigkeiten erleiden.

Anatomie.[1]

Das Herz des Frosches liegt unmittelbar unter dem Kehlkopf zwischen Brustbein und Speiseröhre. Sein unteres Ende schiebt sich zwischen die beiden seitlichen Leberlappen ein.

Das Herz ist von einem Beutel umschlossen, welcher durch Bänder an die benachbarten Theile angeheftet ist. Nach vorn setzen sich zwei

[1] In der folgenden Beschreibung bezeichnet „oben“ kopfwärts, „vorn“ bauchwärts.

Bänder an die Brustwand, nach hinten an die Speiseröhre und die Wirbelsäule, nach rechts und links an die Aponeurose des M. obliquus internus, nach oben an den Kehlkopf und nach unten an die Leber an. Die hintere Fläche des Herzbeutels ist mit einer Membran verwachsen, welche zu beiden Seiten der Speiseröhre zwischen dem oberen Leberrande, der Aponeurose des M. obliquus internus und dem Hinterhorn des Zungenbeines zwerchfellartig ausgespannt ist. In dieser Membran befindet sich eine kreisrunde Oeffnung zum Durchtritt der Lungenwurzel. Obschon die beiden Lungenflügel den Herzraum zwischen sich einschliessen, berühren sie das Pericard nicht unmittelbar, indem sich die Leber und die beschriebene Membran, die wir als Leber-Lungenband bezeichnen wollen, zwischen beide einschieben. Wir werden später die Bedeutung kennen lernen, welche das Leber-Lungenband für die Erhaltung des Herzraumes bei den Athembewegungen besitzt.

Der Herzbeutel besteht aus einem parietalen und visceralen Blatt. Während die innerhalb des Herzbeutels liegenden Gefässe unter der Hülle des visceralen Blattes noch eine eigene adventitielle Gefässscheide besitzen, vertritt das viscerale Blatt des Pericards für den Vorhof, den Ventrikel und den Bulbus arteriosus die Stelle einer Adventitia. Die beiden Blätter des Herzbeutels sind an der Rückseite des Herzens durch ein der Länge nach gefaltetes Band mit einander verbunden, welches die Vena coronaria cordis aufnimmt und zur Basis des Ventrikels begleitet.

Drei Hohlvenen führen dem Herzen das Blut des Körpers, zwei Lungenvenen das der Lunge zu. Die Hohlvenen vereinigen sich zu einem gemeinsamen Sinus venosus, der zu den Abschnitten des Herzens gezählt werden darf, weil er quergestreifte Muskelfasern besitzt und weil diese Fasern nach dem Typus der Vorhofsmusculatur angeordnet sind. Von den Hohlvenen durch den Sinus venosus zum Vorhof findet ein allmählicher Uebergang vom Bau einer Venenwand zum Bau einer Vorhofswand statt. Während die glatten Längsmuskelfasern der Vene in der Nähe des Sinus spärlicher werden, treten statt der glatten Ringmuskelfasern quergestreifte auf. Diese liegen jedoch nicht mehr in geschlossenen Ringen nebeneinander, sondern lassen Lücken zwischen sich und ordnen sich nach und nach zu Strängen, welche durch spitzwinkelige Anastomosen mit einander verknüpft sind. Gegen den Sinus zu wächst der Winkel der Anastomosen bis zu ca. 20^0 und so gleicht die Musculatur des Venensinus einem regelmässigen Netz mit rautenförmigen Maschen. In der Vorhofswand wird dieses Netz unregelmässiger, indem Muskelzüge sich in verschiedenen Ebenen über eineinander herschieben, so dass auch zwischen entfernter liegenden Muskelbündeln Anastomosen entstehen, welche stets spitzwinkelig sind. Ausserdem heben sich Fasern von der Wand ab und durchsetzen in mehr oder weniger grossen Strecken den Binnenraum des Vorhofs.

Entsprechend dem Sinus venosus der Körpervenen vereinigen sich die beiden Lungenvenen zu einem gemeinsamen Rohr, das unmittelbar über dem Sinus in den Vorhof einmündet. Die Lungenvenenmündung ist halbmondförmig und ergänzt die ovale Mündung des Venensinus zu einem gemeinsamen Ring, indem die sich berührenden adventiellen Gefässscheiden mit einander verschmelzen und unmittelbar in die Scheidewand der Vorkammer übergehen. Der ringförmige Veneneingang ist mit Muskelfasern belegt, welche einen Sphincter bilden.

Die Oberfläche des gefüllten Vorhofs zeigt vier halbkugelförmige Vorwölbungen (Fig. 1, *a*, *b*, *c*, *d*), welche durch Furchen von einander geschieden sind. Die zur Linken gelegene Vorwölbung (*a*) entspricht genau der linken Vorkammer, indem die Furche, welche diese Wölbung von den übrigen trennt, die Ansatzlinien des Septum atriorum darstellt. So kann man sich schon nach der äusseren Form des gefüllten Vorhofs eine Vorstellung von der Lage des Septums und dem Grössenverhältniss der beiden Vorkammern bilden.

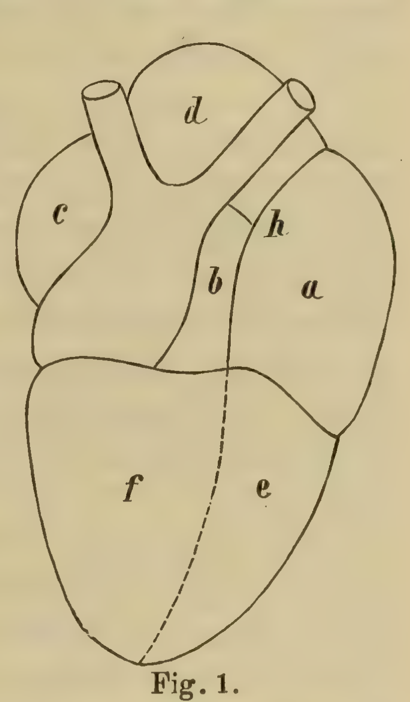


Fig. 1.
Ansicht des Froschherzens von vorn.

Das Septum atriorum ist gewölbt und kehrt dem linken Vorhof eine convexe Oberfläche zu, so dass dieser die Gestalt einer convex-concaven Linse erhält. Die untere Kante der Scheidewand überbrückt das Ostium atrioventriculare und theilte dasselbe in eine rechte und eine linke Hälfte; zugleich ist sie mit zwei Atrioventricularklappen verwachsen (Taf. VI, Fig. 4).

Beide Oberflächen der Vorhofsscheidewand sind mit Muskelfasern belegt, unter denen auf der rechten Fläche drei starke Bündel deutlich hervortreten (Taf. VI, Fig. 4). Ein vorderes Längsbündel zieht von der vorderen Atrioventricularklappe nach oben zu der Ecke (Fig. 1 *h*), welche der vorderen, oberen und linken Vorwölbung der Vorhofswand gemeinsam ist; ein oberes Querbündel zieht von dieser Ecke nach hinten zur Einmündung des Sinus venosus und ein hinteres Längsbündel von dieser Mündung herab zur hinteren Atrioventricularklappe. Auf der Oberfläche beider Atrioventricularklappen strahlen die Muskelfasern der beiden Längsbündel fibrillär aus.

Das obere Querbündel und hintere Längsbündel treten mit zwei halbmondförmigen Leisten in Verbindung, welche von dem oberen und unteren Rande des Sinuseinganges vorspringen und sich einerseits an die hintere

Wand des rechten Vorhofs, andererseits an die rechte Fläche der Vorhofsscheidewand ansetzen. Beide Leisten sind mit Längsmuskelfasern belegt. Die Muskelfasern der oberen Leiste gehen in das obere Querbündel, die der unteren Leiste in das hintere Längsbündel der Scheidewandmusculatur über (Taf. VI, Fig. 4).

An der Vereinigungsstelle des oberen Quer- und vorderen Längsbündels (Fig. 1 *h*) entsteht ein dichtes Anastomosennetz, von dem starke Muskelzüge bogenförmig zu der dem Septum gegenüberliegenden rechten Vorhofswand hintreten.

Die Nerven der Vorhofsscheidewand entsprechen in ihrem Verlauf annähernd den beschriebenen drei Hauptmuskelbündeln. Ihre Schilderung soll jedoch nicht in den Bereich dieser Darstellung fallen.

An der Grenze zwischen Vorhof und Ventrikel ist das Pericard so eingeschnürt, dass der eingeschnürte Theil einen Trichter bildet, dessen Ausflussöffnung nach unten schaut (Taf. VI, Fig. 1). Der Trichter ist somit doppelwandig und die Umschlagsstelle der beiden pericardialen Blätter bildet den Rand des Ostium atrio-ventriculare. Die beiden Blätter sind durch Bindegewebe miteinander verbunden und bilden eine feste Scheide, an der einerseits die Muskelfasern des Vorhofs, andererseits die des Ventrikels inseriren. Die Musculatur der Vorkammern und Herzkammern bildet somit keinen continuirlichen Uebergang, sondern Bindegewebe schiebt sich zwischen beide ein.

Die Herzkammer besitzt keine wasserdichte Muskelwand. Der bei weitem grösste Theil der Muskelfasern durchsetzt, von Endocard umgeben, den Binnenraum des Herzens. Die wandständigen Fasern lassen Lücken zwischen sich, in denen Pericard und Endocard sich unmittelbar berühren.

In der unteren Hälfte des Herzens bilden die Muskelfasern sagittal gestellte Wände, welche den unteren Herzraum in 8 bis 10 spaltenförmige Räume theilen. Alle diese Räume, die wir Nebenkammern nennen wollen, führen in eine an der Herzbasis gelegene Hauptkammer, die von links nach rechts gegen das Ostium arteriosum hin weiter wird und von einer vorderen und hinteren frontal gerichteten Muskelwand begrenzt ist. Die beiden Frontalwände der Hauptkammer stehen annähernd senkrecht auf den 8 bis 10 Sagittalwänden der Nebenkammern, sodass die Muskelbündel, welche von den ersteren auf die letzteren übertreten, ihre Verlaufsebene wechseln (Taf. VI, Figg. 1 u. 2).

Jede Sagittalwand besteht aus drei Schichten, einer inneren Querfaserschicht und zwei äusseren Längsfaserschichten. Die Querfasern der inneren Schicht bilden mit der sagittalen Queraxe des Herzens einen Winkel, der für jede einzelne Sagittalwand bestimmt, für verschiedene Sagittalwände verschieden ist. Denkt man sich die Faserrichtungen aller Querfaserschichten

auf eine einzige projicirt, so entsteht ein System von Querfasern, die sich in verschiedenen Winkeln durchkreuzen. Die Richtungen der Längsfasern ergänzen sich in jeder Sagittalwand so, dass die Lücken, welche die eine der beiden Längsfaserschichten mit der Querfaserschicht lässt, durch die andere Längsfaserschicht gedeckt werden (Taf. VI, Figg. 1 u. 2).

An den Kreuzungspunkten der Haupt- und Nebenkammerwände liegen Faserbündel, welche einerseits in sagittaler Ebene ausstrahlend die der Hauptkammer zugewendeten freien Kanten der Nebenkammerwände, andererseits in frontaler Ebene auseinanderweichend und bogenförmig unter einander anastomosirend die vordere und hintere Muskelwand der Hauptkammer bilden. Die ersteren gehen theils in die Querfaser- theils in die Längsfaserschichten der Sagittalwände über, die letzteren endigen im Bindegewebe des Ostium atrioventriculare.

Die Sagittalwände bilden in ihren peripheren Theilen Anastomosen mit einander, welche entsprechend der Mannigfaltigkeit der Faserrichtungen sehr mannigfaltig sind. Es verbinden sich sowohl ganze Schichten als einzelne Faserbündel benachbarter Sagittalwände mit einander, und zwar können ebensowohl Quer- mit Querfasern, als Längs- mit Längsfasern, als endlich Längs- mit Querfasern anastomosiren. Die Mannigfaltigkeit ist jedoch dadurch beschränkt, dass alle Anastomosen spitzwinklig sind (Taf. VI, Fig. 3).

An dem Ostium atrioventriculare befinden sich drei dickwandige Klappen; zwei grössere von trichterförmiger Gestalt entspringen von dem vorderen und hinteren Rande des Ostium und sind durch die Vorhofswand, welche sich in der beschriebenen Weise an sie ansetzt, in eine rechte und eine linke Hälfte getheilt; und eine kleinere Klappe ist an dem rechten Rande des Ostium venosum befestigt. Die beiden linken Hälften der grösseren Klappen dienen zum Verschluss des Ostium venosum sinistrum, die beiden rechten zugleich mit der kleineren dritten Klappen zum Verschluss des Ostium venosum dextrum. Von den Frontalwänden der Hauptkammer heben sich, entsprechend den Papillarmuskeln des Säugethierherzens, kurze Muskelbündel ab, an welche sich Sehnenfäden ansetzen, die arcadenförmig zum freien Rande und der Innenfläche der Klappe hinstreben. Die beiden grösseren Klappen reichen soweit in den Hauptblutraum des Ventrikels hinein, dass sie diesen in einen kleineren linken und einen grösseren rechten Raum theilen.

Der rechte Raum führt in den Bulbus arteriosus hinein. Die Mündung des Bulbus ist nicht symmetrisch zur frontalen Medianebene des Herzens gestellt, sondern liegt mehr hinter, als vor derselben. Das untere Ende des Bulbus ragt ringförmig in den Ventrikel hinein und ist von einer doppelten pericardialen Hülle umgeben, da sich das Pericard vom Ventrikel und Vorhof auf den Bulbus überschlägt und auch das in den Ventrikel hineinragende

Stück überzieht. Die zum Ostium arteriosum hintretenden Muskelfasern gehen unmittelbar in die Muskelfasern des Bulbus über, welche in zwei Spiralfaserschichten von entgegengesetzter Windung angeordnet sind.

Von seinem Ursprung in dem rechten, hinteren Viertel der Ventrikelbasis schiebt sich der Bulbus über die rechte Seite nach vorn und steigt in kurzem Bogen bis zu seiner Verästelung in zwei Schlagaderstämme auf. Diese werden durch zwei Scheidewände in drei Canäle getheilt, welche entsprechend den aus ihnen hervorgehenden Arterien als Canalis carotico-lingualis, C. aorticus und C. pulmo-cutaneus zu bezeichnen sind. Die Trennung in C. carotico-lingualis und C. aorticus erfolgt innerhalb der Schlagaderstämme selbst, während die Abzweigung des C. pulmo-cutaneus im oberen Theil des Bulbus eintritt, sodass die Scheidewand, welche diesen Canal von den übrigen trennt, frei in das Lumen des Bulbus hineinragt (Taf. VI, Fig. 5).

Zwischen dem Bulbuseingang und dem Eingang in den Lungenhautcanal ist eine unvollständige Scheidewand (Spiralklappe), deren Höhe $^2/_3$ vom Durchmesser des gefüllten, $^4/_5$ von dem des leeren Bulbus beträgt, derart an der hinteren Wand befestigt, dass das Blut auf ihrer linken Seite sowohl in den Lungenhautcanal als über diesen hinweg in die Körpercanäle, auf ihrer rechten Seite aber nur in die Körpercanäle fliessen kann. Diese Einrichtung ist dadurch bedingt, dass die Scheidewand eine Fläche von complicirter Krümmung darstellt, d. h. dass ihre Basis eine andere Linie beschreibt, als ihre freie Kante. Die Basis hat die Gestalt eines langgezogenen römischen S und verbindet den linken Rand des Bulbuseinganges mit dem rechten Rand des Einganges in in den Lungenhautcanal; wäre die freie Kante der Scheidewand ebenso gekrümmt, wie die Basis, so würde der Bulbus durch sie in einen oberen und unteren Abschnitt getheilt sein. Da aber die freie Kante in ihrem unteren Theil durch elastische Kräfte nach rechts gebogen, in ihrem oberen Theil durch ein knorpelhartes, trichterförmiges Gebilde in der Mittellinie fixirt ist, so theilt das Septum den Bulbus in eine rechte und linke Abtheilung. Beide Abtheilungen sind jedoch nicht vollständig von einander geschieden, weil der innere Durchmesser des Bulbusrohres grösser als die Höhe der unvollständigen Scheidewand ist.

Die Scheidewand besitzt eine knorpelähnliche Consistenz und ist so durchscheinend, dass sich ihre Umrisse in einer Kochsalzlösung nur undeutlich abheben. Ihre basale Kante jedoch hat ein glänzend weisses Aussehen und kann deshalb bei pigmentarmen, mit Kochsalzlösung durchspülten Herzen durch die Bulbuswand hindurch erkannt werden. Will man die Krümmung des unteren Endes der Spiralklappe ausgleichen, so hat man eine verhältnissmässig grosse elastische Kraft zu überwinden, und die Klappe schnellt, sich selbst überlassen, sofort wieder in ihre gekrümmte Lage zurück.

Am unteren Ende des Bulbus befinden sich drei Semilunarklappen, deren Ränder durch bindegewebige Fäden mit der zugehörigen Wand verbunden sind. Dem trichterförmigen Gebilde am oberen Ende des Septums liegt eine Taschenklappe gegenüber. Im Eingang des Lungenhautcanals sind zwei kleine Semilunarklappen angebracht.

Nachdem die Bestandtheile des Herzens, wie sie sich im unbewegten Organ darstellen, beschrieben sind, wollen wir ihr Verhalten im bewegten Organ, soweit dieses der Beobachtung zugänglich ist, mittheilen. Die allgemein physiologischen Fragen der Muskelcontraction und Innervation sollen dabei unberücksichtigt bleiben.

Physiologie.

Ehe wir dazu übergehen, die Bewegungen des Herzens bei einem nicht athmenden Thiere nach Eröffnung der Brustwand zu untersuchen, müssen wir uns fragen, ob nicht durch den normalen Athmungsvorgang andere Bewegungsbedingungen gegeben sind. Diese Frage ist bei dem Frosch und der Kröte um so eher zu entscheiden, als eine künstliche Athmung durch eine Trachealcanüle dem Vorgang der natürlichen Athmung vollkommen entspricht. Man sollte denken, dass die Lunge, welche durch positiven Druck mit Luft gefüllt wird, bei jeder Inspiration die benachbarten Organe und vor allem das Herz comprimiren müsse. Dieser Druck würde sich in erster Linie auf die dünnwandigen Hohlvenen äussern und eine rückläufige Welle erzeugen, die sich in den dem Herzen naheliegenden Venen nachweisen liesse.

Legt man durch einen Hautschnitt die Portio sternalis des M. pectoralis major der linken Seite frei und praeparirt von diesem Muskel so viel ab, dass die Vereinigungsstelle der Vena subclavia und cutanea magna frei zu Tage liegt, so lässt sich eine mässig lange Canüle durch die Hautvene bis in die obere Hohlvene hineinschieben. Wird diese Canüle mit einem capillaren Rohr in Verbindung gebracht, in welchem sich ein Tropfen einer beliebigen Flüssigkeit befindet, so zeigen Bewegungen dieses Tropfens Druckschwankungen in der Vene an. Dieser Tropfen lässt nun nach Einleitung künstlicher Athmung auch bei starken Inspirationsbewegungen keine Schwankung erkennen.

Man muss daher vermuthen, das bei den nackten Amphibien Einrichtungen getroffen sind, welche das Herz vor dem Druck der Lunge schützen.

Der knöcherne Theil des Hyposternums lässt sich aus der Brustwand ausschneiden, ohne dass das Pericard oder eines seiner Haftbänder verletzt wird. Durch ein solches Fenster kann man beobachten, dass das früher

beschriebene Leberlungenband sich um so stärker anspannt, je mehr der Luftdruck in der Lunge wächst. Bei jeder Inspiration erleidet die Leber eine Verschiebung nach unten und gleichzeitig eine Drehung nach aussen. Der zwischen den beiden Leberlappen befindliche, zur Aufnahme des Herzbeutels bestimmte keilförmige Raum bleibt aber bei allen Bewegungen der Leber in gleicher Form und Grösse erhalten, indem er in verschiedenen Phasen der Respiration von verschiedenen Flächenstücken der Leber begrenzt wird. Nach Durchschneidung des Leber-Lungenbandes überlagern Lunge und Leber bei jeder Inspiration das Herz und pressen das Blut aus dem vorher blutreichen Organ aus. Wir erkennen somit, dass das Leber-Lungenband durch seine Spannung die Ausdehnung der Lunge nach dem Herzraum zu verhindert und nach dem weiten Bauchraum hinlenkt. Diese Wirkung des Leber-Lungenbandes wird dadurch noch unterstützt, dass es sich an die Aponeurose des inneren schiefen Bauchmuskels ansetzt, der sich zugleich mit dem Bande bei jeder Inspiration spannt.

Nachdem sich gezeigt hat, dass die Bewegungen des Herzens durch die Respirationsbewegungen keine Aenderung erleiden, dürfen wir dieselben so darstellen, wie man sie an einem nicht athmendem Thier nach Eröffnung der Brustwand beobachtet.

Von den Hohlvenen pflanzt sich eine Contractionswelle peristaltisch bis zum Sinus venosus fort. Der Sinus venosus contrahirt sich und füllt den Vorhof mit Blut, während sich der Eingang des Sinus in den Vorhof erweitert. Diese Erweiterung wird dadurch bedingt, dass die beiden halbmondförmigen Leisten, welche von dem Rande des Sinuseinganges vorspringen und an die Vorhofsscheidewand befestigt sind, mit Entfaltung der letzteren während der Diastole auseinanderweichen. Unmittelbar nach der Erweiterung des Sinuseinganges verengt sich derselbe, indem sich die früher beschriebene Sphinctermusculatur contrahirt. Gleichzeitig nähern sich die beiden halbmondförmigen Leisten einander durch Contraction ihrer Muskelfasern und die Contraction pflanzt sich auf Scheidewand und Vorkammerwand fort. Dabei ändert die Scheidewand, welche während der Diastole des Vorhofs die linke Vorkammer mit convexer Oberfläche begrenzte, ihr Wölbung, indem sich ihre Convexität im Laufe der Contraction der rechten Vorkammer zuwendet. Diese Bewegung ist auf die Contraction der Muskelfasern zurückzuführen, welche von der rechten Fläche der Vorhofsscheidewand zur gegenüberliegenden Vorhofswand hinüberziehen.

Diese Vorgänge kann man beobachten, wenn man ein aus dem Körper ausgeschnittenes Herz durch eine in die Lungenvene eingebundene Canüle mit feuchter Luft füllt. Diese Füllung, mit der das Herz über 20 Minuten lang regelmässige Contractionen ausführt, macht die Sinuswand

vollkommen durchsichtig, so dass man durch sie hindurch die Bewegungen der Sinusmündung verfolgen kann. Die Bewegungen der Vorhofsscheidewand lassen sich bei einem mit Kochsalzlösung durchspülten Herzen durch die Vorhofswand beobachten.

Um die Function der Atrioventricularklappen kennen zu lernen, kann man ein Herz, dessen Gefässe abgebunden sind, in einem mit Kochsalzlösung gefüllten Gefäss so aufhängen, dass die Herzspitze nach unten, die obere Vorhofswand nach oben gerichtet ist. Durch ein in die obere Wand des rechten Vorhofs geschnittenes Fenster kann das Spiel der Atrioventricularklappen beobachtet werden, wenn man von Zeit zu Zeit mit einer Pipette, deren Spitze in das rechte Ostium venosum eingeführt ist, Kochsalzlösung in den Ventrikel füllt und die Pipettenspitze wieder aus dem Ostium herauszieht. Bei jeder Systole legen sich die Flächen der Atrioventricularklappen fest aneinander und weichen bei jeder Diastole nur wenig auseinander, so dass das Ostium venosum verhältnissmässig eng bleibt.

Die Wirkung der Papillarmuskeln können wir aus der früheren anatomischen Beschreibung herleiten. Wir sahen, dass diese Muskelbündel in die Frontalwände der Hauptkammer übergehen und dass sich die Muskelfasern dieser Frontalwände mit denen der sagittalen Nebenkammerwände verbinden. Auf diese Weise entsteht ein Papillarmuskelsystem dessen Contraction die Atrioventricularklappen einander und der Herzspitze nähern muss (Fig. 2).

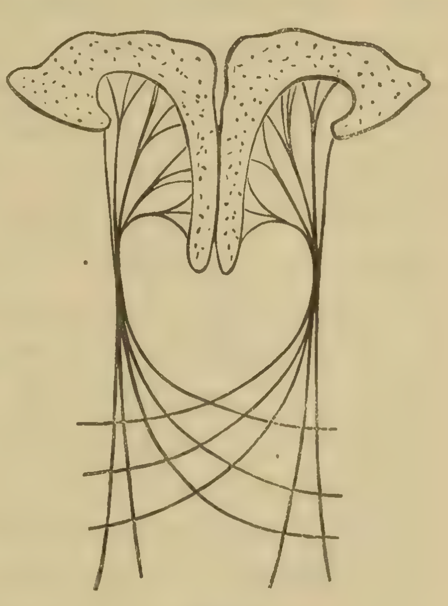


Fig. 2.
Schematische Darstellung der beiden grossen Atrioventricularklappen und des Papillarmuskelsystems im Sagittalschnitt.

So lange das Herz vom Pericard umschlossen ist, bewegt sich die Basis des Ventrikels bei der Contraction gegen die Spitze hin, während die letztere an ihrer Stelle verharrt oder zuweilen eine leichte Hebung zeigt. Oeffnet man den Herzbeutel, ohne das Herz aus seiner Lage zu verschieben, so bleibt der Modus der Contraction noch annähernd der gleiche, nur bemerkt man, dass auch die Spitze kleine Excursionen nach oben und unten ausführt. Bringt man aber das Herz irgendwie aus seiner normalen Lage oder nimmt man es aus dem Körper heraus, um seine Bewegungen bei künstlicher Füllung zu beobachten, so ändert sich der Modus der Contraction vollkommen, indem sich nun die Spitze mehr der Basis als die Basis der Spitze nähert. Daraus geht hervor, dass die Bewegungen der

Herzkammer nicht allein durch die Muskelanlage, sondern auch durch andere Umstände bestimmt werden.

Nach der Betrachtung der gezeichneten Herzmuskelschemata würde man erwarten, dass sich die Spitze mehr der Basis, als die Basis der Spitze nähern würde. In einem System von Muskelfasern, die sich in verschiedenen Richtungen durchkreuzen, werden sich diejenigen Punkte bei der Contraction am wenigsten von ihrer Stelle bewegen, in welchen die meisten Faserrichtungen zusammentreffen. Diese Punkte müssten in die obere Hälfte des Herzens verlegt werden an die Stellen, wo die Muskelfasern aus den Frontalwänden der Hauptkammer in die Sagittalwände der Nebenkammer übergehen. Es müsste sich demgemäss die Spitze mehr der Basis, als die Basis der Spitze nähern, falls nicht andere Umstände die Bewegung beeinflussen. Zunächst könnte man vermuthen, dass die Spitze fixirt sei, weil sich die Herzmusculatnr gegen jeden fixirten Punkt der Peripherie hin zu contrahiren vermag. Aber die Spitze liegt vollkommen frei im Herzbeutel und auch eine Durchschneidung des an der Rückfläche des Herzens befindlichen pericardialen Bandes, das nach Fritsch die Herzspitze fixiren soll, ruft keine Aenderung in dem Modus der Contraction hervor. Dann könnte man denken, dass die Contractionswelle peristaltisch von dem Vorhof auf den Ventrikel übergeht und daher zuerst die Basis, zuletzt die Spitze zur Contraction veranlasst. Obschon manche Erscheinungen für die peristaltische Natur der Ventrikelcontraction sprechen, fehlt uns doch die Einsicht, wie sich eine Contractionswelle in einem so complicirten Fasersystem fortpflanzt. Endlich könnte man sich vorstellen, dass der Basalraum des Ventrikels, welcher unmittelbar mit dem Bulbus communicirt, sein Blut früher entleeren kann, als die Spitze. Bei grossen und blutreichen Herzen kann man deutlich zwei Phasen in der Contraction des Ventrikels unterscheiden. In der ersten Phase sieht man die Blutwelle in den Bulbus hineinschiessen, während die Oberfläche des Ventrikels glatt und spiegelnd erscheint, in der zweiten Phase nimmt die Oberfläche ein mattes und gekerbtes Aussehen an, was auf eine Contraction der Muskeln in der Peripherie des Herzens hinweist. Diese Beobachtung spricht dafür, dass sich zuerst der Hauptblutraum contrahirt, dessen Muskelwände nicht an die Herzoberfläche

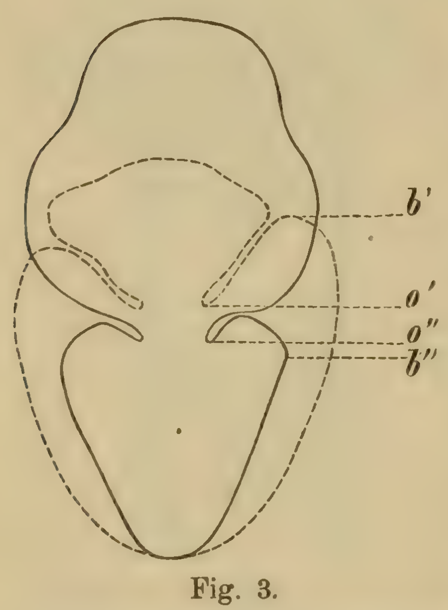


Fig. 3.
Schematische Darstellung der Formveränderung des Vorhofs und Ventrikels im Sagittalschnitt.

reichen und zuletzt die Seitenkammern, deren Muskelwände bis zur Oberfläche hinziehen.

Während der Diastole des Ventrikels liegt die Ebene des Ostium venosum und arteriosum (Fig. 3 *o'*) tiefer als der vordere Rand der Ventrikelbasis (*b'*) und am Ende der Contraction liegen beide in einer Ebene oder der vordere Rand der Ventrikelbasis (*b''*) liegt sogar tiefer, als die Ebene der Ostien (*o''*). Dadurch hat es den Anschein, als krieche der sich contrahirende Vorhof in den sich erweiternden Ventrikel hinein, oder als ziehe er den letzteren über sich hinüber.

Um die Bewegungen des Bulbus arteriosus zu beobachten, ist es zweckmässig, einzelne Punkte, deren Bewegungen man mit einander vergleichen will, durch Auflegen von weissen Papierstückchen zu markiren und durch eine mit einer Scala versehene Glasscheibe zu betrachten.

Die Oscillationen der oberen und unteren Bulbusgrenze in der Richtung der Längsaxe sind einander gleich, d. h. der Bulbus folgt den Bewegungen der Ventrikelbasis, mit der er verbunden ist, wie ein fester Körper. Während der Ventrikel sich contrahirt, wird der Bulbus scheinbar länger, indem das während der Diastole von dem vorderen Rande der Ventrikelbasis überlagerte untere Ende sichtbar wird. Der von der Ventrikelbasis auf den Bulbus ausgeübte Zug wird vollständig auf die beiden Schlagaderstämme übertragen und durch deren Elasticität ausgeglichen. Aber auch die Elasticität der Schlagaderstämme wird in geringem Maasse in Anspruch genommen, da dieselben nicht eine gerade Verlängerung des Bulbusrohres bilden, sondern sich von diesem in einem Winkel abzweigen, der bei jeder Ventrikelcontraction sich verkleinert. Da der Bulbus durch die Bewegungen des Ventrikels keine Zerrung erleidet, muss man vermuthen, dass sein oberes und unteres Ende in einer im Vergleich zu den übrigen Bestandtheilen der Gefässwand festen Verbindung stehen. Eine solche Verbindung wäre in der knorpelharten Basalleiste der Spiralklappe gegeben. Die beiden Punkte der Bulbusoberfläche, welche dem oberen und dem unteren Ende dieser Leiste entsprechen behalten bei allen Bewegungen des Bulbus ihre gegenseitige Lage bei. Auch kann man bei pigmentarmen, mit Kochsalzlösung durchspülten Herzen durch die Bulbuswand erkennen, dass die als weisse Linie sichtbare Basalleiste des Septum bulbi ihre Gestalt nicht verändert. Bei der Füllung des Bulbus bewegen sich alle Punkte der Bulbusoberfläche von einer bestimmten Linie ab, und bewegen sich bei der darauffolgenden langsamen Contraction des Bulbus wieder derselben Linie entgegen und diese Linie entspricht der Ansatzlinie des Septum bulbi. Die Basalleiste der Spiralklappe ist demnach so angelegt, dass die Elasticität der Bulbuswand nicht durch die Zerrung der Ventrikelbasis, sondern ausschliesslich durch den Seitendruck des Blutstroms in Anspruch genommen

wird, d. h. dass sich im Bulbus ein möglichst grosser Theil der lebendigen Kraft des Blutstroms in Spannkraft umsetzt.

Die Beobachtung der Bulbusbewegung lehrt uns nur, wie sich die feste Basalleiste, aber nicht wie sich die freibewegliche Fläche des Septums gegen den Blutstrom verhält. Nach Brücke's Theorie soll sie sich in der zweiten Hälfte der Contraction des Ventrikels auf die Oeffnung des Lungenhautcanals umlegen. Die untere Hälfte des Septums kehrt der Oeffnung dieses Canals eine convexe Oberfläche entgegen und wird in dieser Stellung durch elastische Kräfte erhalten. Soll daher der Blutstrom diese Fläche auf die Oeffnung jenes Canals umschlagen, so muss er diese elastischen Kräfte überwinden. Die Grösse der Stromkraft hängt aber von dem Druckunterschiede zu beiden Seiten des Septums ab. Der Blutstrom wird daher das Septum um so vollständiger umzulegen vermögen, je mehr sich dieser Unterschied einem Maximum nähert. Diese Bedingung suchte ich dadurch zu erfüllen, dass ich auf der Seite des Lungenhautcanals eine Ausflussöffnung in der Bulbuswand anbrachte. Durch eine solche Oeffnung beobachtete ich die Spiralklappe eines mit Kochsalzlösung schlagenden Herzens und überzeugte mich, dass sich dieselbe bei jeder Ventrikelcontraction aufrichtet, indem sich ihre Krümmung ausgleicht, dass sie sich aber nicht auf die Oeffnung des Langenhautcanals herüberlegt oder diese verengt. Wenn auch die Beobachtung bei geöffnetem Bulbus wegen der Complicirtheit der hydraulischen Bedingungen keinen sichern Schluss auf die Verhältnisse bei geschlossenem Bulbus gestattet, so lässt sie es doch zweifelhaft erscheinen, dass der Blutstrom die Spiralklappe auf die Mündung des Canalis pulmocutaneus umzulegen vermag.

Wenden wir uns nun zur Darstellung der Blutströmung.

Schon lange hat man die Beobachtung gemacht, dass dem Unterschied in der Färbung des rechten und des linken Vorhofs ein ähnlicher in der Färbung der rechten und linken Ventrikelhälfte entspricht, und dass nach Abschneidung der Herzspitze aus der Schnittfläche rechts dunkelrothes und links hellrothes Blut ausfliesst. Brücke hat zuerst gezeigt, dass man solche Farbenunterschiede bis in den Bulbus und selbst bis in die Schlagatherstämme hinein verfolgen kann. Fritsch hält den Schluss aus dem Farbenton der Wand auf den des Inhaltes der Gefässe nicht für zulässig, weil Ungleichheiten der Wand Unterschiede in der Färbung vortäuschen können. Diese Täuschungen, deren Möglichkeit nicht geleugnet werden kann, lassen sich aber vermeiden, wenn man nur diejenigen Farbenunterschiede für maassgebend hält, die während der Athmung hervortreten und nach Unterbrechung der Athmung wieder verschwinden.

Bei einer athmenden Kröte lässt sich vollkommen deutlich beobachten, dass die linke Hälfte der dilatirten Herzkammer hellroth, die rechte dunkel-

roth erscheint und dass die Grenzlinie zwischen beiden Färbungen in der Verlängerung derjenigen Furche der Vorhofswand liegt, die wir als Ansatzlinie des Septum atriorum erkannt haben (Fig. 1, *ef*). Der Einwand Fritsch's, dass die linke Seite eine grössere Muskelmasse und geringere Blutmenge als die rechte enthält und daher heller erscheint, trifft nicht zu, weil der Farbenunterschied nach Unterbrechung der Athmung verschwindet und bei Durchleitung von verdünntem Kaninchenblut nicht eintritt. Im Ventrikel findet somit keine vollständige Mischung des arteriellen und venösen Blutes statt.

Die Beobachtung der Blutfarbe durch die Wand des Bulbus ist dadurch erschwert, dass das Licht auf dem sich bewegenden Bulbusrohr unregelmässig reflectirt wird. Ich konnte dennoch Brücke's Beobachtung bestätigen, dass die rechte Bulbusseite in der zweiten Hälfte der Contraction des Ventrikels heller wird, während die andere durchweg dunkler erscheint, als die rechte. Auch verschwand der Farbenwechsel der rechten Seite nach Unterbrechung der Athmung, aber die linke Seite blieb dauernd dunkler als die rechte. Wir dürfen daher nur das Farbenspiel der rechten Seite dem Blutstrom zuschreiben.

Bei jungen Kröten lässt sich ferner Brücke's Beobachtung leicht constatiren, dass der Canalis carotico-lingualis hellroth, der C. aorticus etwas dunkler und der C. pulmo-cutaneus am dunkelsten aussieht. Gegen das Ende der Ventrikelcontraction windet sich eine helle Welle durch den Anfangstheil des Aortencanals, welche nach Unterbrechung der Athmung nicht mehr sichtbar ist. Aber der C. caroticus erscheint auch nach Durchleiten von verdünntem Kaninchenblut durch das Herz heller als der C. aorticus und der C. pulmo-cutaneus dauernd dunkler, als die beiden anderen Canäle. Wir können daher nur die helle Welle im Anfangstheil der Aorta als arterielle Blutwelle auffassen.

Betrachtet man endlich unmittelbar nach einigen kräftigen Athembewegungen die Arteria pulmonalis und Aorta so bemerkt man keinen deutlichen Farbenunterschied.

Aus diesen Beobachtungen darf man schliessen, dass sich das arterielle und venöse Blut im Ventrikel nur unvollständig mischt und dass in der ersten Hälfte der Contraction dunkleres Blut aus dem Ventrikel ausfliesst, als in der zweiten Hälfte. Diese Erscheinung steht mit dem anatomischen Bau des Ventrikels in vollkommenem Einklang. Der Hauptblutraum an der Basis des Ventrikels ist durch die beiden grossen Atrioventricularklappen in eine rechte und eine linke Abtheilung getheilt und die Sagittalwände in der unteren Herzhälfte sind einer Mischung des Blutes hinderlich. Die dem Bulbus zunächstliegende rechte Hälfte der Kammer kann ihr Blut früher auswerfen, als die entfernter liegende linke Hälfte. Ein Blick auf die gezeichneten Muskelschemata lehrt jedoch, dass die

Trennung des venösen und arteriellen Blutes sehr unvollkommen sein muss, weil alle Räume zwischen den Sagittalwänden an der Peripherie communiciren.

Brücke ging bei seinen Untersuchnngen von der Erwägung aus „wie es unvernünftig sei, anzunehmen, dass der grosse und kleine Kreislauf trotz der ungleichen Widerstände, welche beide darbieten, von gleichen Kräften getrieben würden". Er beobachtete, dass aus einer Oeffnung in der Wand des Canalis aorticus das Blut in hohem Strahl ausspritzte und langsam wieder abfiel, dagegen aus einer Oeffnung in der Wand des C. pulmocutaneus in kurzem Strahl hervorquoll und schnell wieder abfiel. Bei der Wiederholung dieses Versuchs erhielt ich je nach der Grösse der Oeffnungen so verschiedene Resultate, dass ich keine bestimmten Schlüsse aus diesen Beobachtungen zu ziehen vermochte. Das Manometer allein konnte entscheiden. Wenn sich, wie Brücke's Theorie verlangt, in der ersten Phase der Ventrikelcontraction Lungen- und Körperarterien, in der zweiten Phase aber durch Anlehnen der Scheidewand des Bulbus an die Oeffnung des Lungenhautcanals nur die Körperarterien mit Blut füllen, so müssen zwei in Aorta und A. pulmonalis eingesetzte Manometer zwei verschiedene Pulscurven aufweisen.

Grossen Fröschen, deren Gehirn und Rückenmark zerstört waren, wurden die oberen Hohlvenen und die linke A. carotis abgebunden, eine Canüle in die linke Aorta, eine zweite in die linke A. pulmonalis nach Abbinden der linken A. cutanea magna, eine dritte in die Vena cava inferior und eine vierte in den rechtsseitigen Canalis aorticus unter gleichzeitiger Unterbindung des rechtsseitigen C. pulmo-cutaneus und carotico-lingualis eingebunden. Nachdem das Herz mit Kochsalzlösung sorgsam ausgespült war um jedes Gerinnsel zu entfernen, wurden die beiden Canülen der linksseitigen Aorta und Pulmonalis mit zwei Manometern in Verbindung gebracht, deren Schwimmer senkrecht über einander auf eine rotirende Trommel schrieben. Durch die Canüle der V. cava inferior strömte verdünntes Kaninchenblut in das Herz ein und durch die Canüle des rechten Canalis aorticus bei jeder Contraction des Ventrikels stossweise in ein untergestelltes Gefäss aus.

Es zeigte sich nun, dass die Pulscurven der Lungen- und Körperarterie sich nicht von einander unterschieden. Beide stiegen isochron an, blieben eine Zeit lang auf der Höhe und fielen wieder isochron ab. Der Versuch wurde so modificirt, dass einmal in die A. pulmonalis eine engere Canüle eingebunden war, als in die Aorta, ein anderes Mal umgekehrt, so dass Unterschiede in den Widerständen beider Gefässe willkürlich gesetzt waren. Unter diesen Umständen stieg die Pulscurve derjenigen Arterie höher an, in welcher sich die weitere Canüle befand; die Gestalt der Curven blieb aber die gleiche. Wir schlossen daraus, dass im Herzen, dem Bulbus und

den Schlagaderstämmen keine Einrichtungen vorhanden sind, welche einen Unterschied in den Pulscurven der Aorta und Pulmonalis hervorrufen.

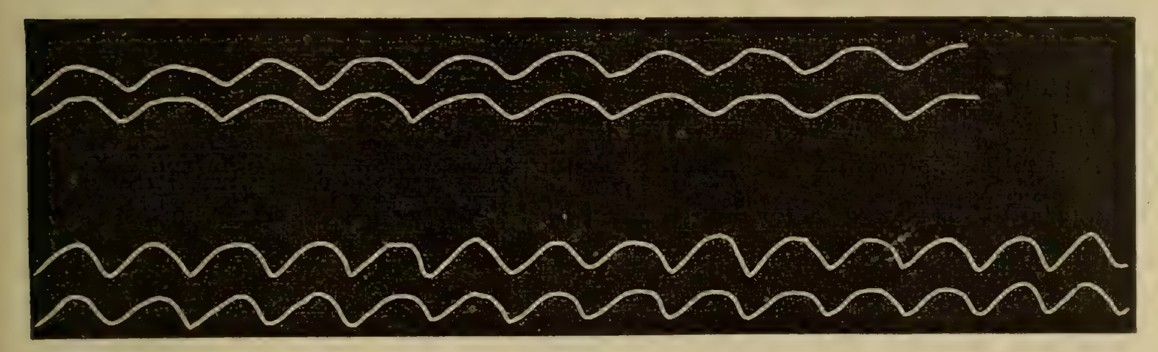


Fig. 4 a.

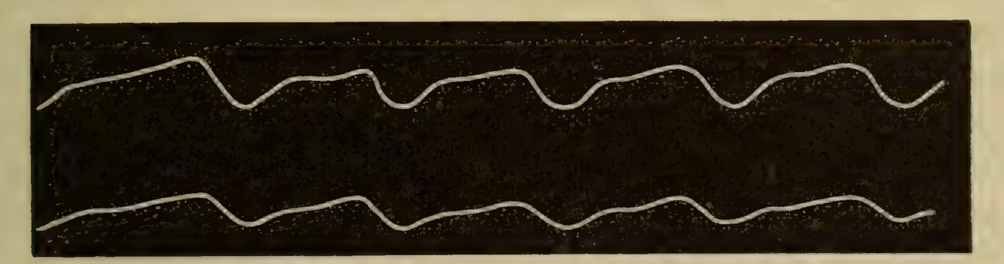


Fig. 4 b.

Die jedesmal erste Curve ist von der Aorta, die zweite von der A. pulmonalis geschrieben.

4 c wurde geliefert während das Herz durch aufgelegtes Eis abgekühlt wurde. In der Art. pulmonalis sass eine engere Canüle als in der Aorta.

Wir mussten uns fragen, ob denn, wie Brücke voraussetzt, die Widerstände in den drei Blutcanälen der Schlagaderstämme wirklich verschieden sind.

Innerhalb der Schlagaderstämme setzen sich dem Blutstrom beträchtliche Widerstände entgegen. Das Blut des C. carotico-lingualis durchströmt, bevor es in die A. lingualis einfliesst, das cavernöse Gewebe der Carotidendrüse; dem Blutstrom im C. aorticus ist eine von Brücke zuerst beschriebene Klappe mit ihrem Lumen zugekehrt; endlich findet das Blut im C. pulmo-cutaneus einen beträchtlichen Widerstand, der dadurch bedingt ist, dass der Querschnitt dieses Canals grösser ist, als die Summe der Querschnitte der aus ihm entspringenden Gefässe. Alle diese Einrichtungen sind in gleichem Maasse geeignet, die Entleerung des Blutes aus dem Bulbus und den Schlagaderstämmen zu verzögern und lebendige Kraft in Spannkraft umzusetzen. Sie bedingen keinen Unterschied in den Widerständen der drei Blutcanäle.

Die Kreislaufbedingungen in der Lunge des Frosches unterscheiden sich wesentlich von denen der Säugethierlunge, indem alle Gefässe und Capillaren unter dem positiven Druck der Lungenluft stehen. Die künst-

liche Athmung, welche den Kreislauf der Säugethierlunge zu beeinträchtigen, ja selbst zu unterbrechen vermag, entspricht dem normalen Athmungsvorgang der Froschlunge.

Um das Verhalten der Lungengefässe während der Athmung kennen zu lernen, beobachteten wir Gestalt und Füllung der Blutgefässe an der Oberfläche der Froschlunge bei verschiedenen Graden der Luftfüllung.[1] Die an der Oberfläche der Lunge entsprechend den Alveolarkanten verlaufenden Venen sind bei zusammengefallener Lunge dickwandig und an allen Stellen cylinderförmig. Mit wachsender Luftfülllung wird die Gefässwand dünner und zwischen je zwei Alveolarecken bilden sich Einschnürungen des Gefässrohres, so dass die einzelnen Gefässstücke aus zwei abgestumpften und mit den stumpfen Flächen aneinandergelegten Kegeln zu bestehen scheinen; gleichzeitig entstehen an den Alveolarecken cavernöse Verzerrungen des Gefässrohres entsprechend der Zugrichtung der sich kreuzenden Gefässe. Die Zwischenräume zwischen den Capillargefässen gehen mit wachsender Luftfüllung von einer langgestreckten elliptischen Form nach und nach in eine kreisrunde über. Diese Beobachtungen zeigen, dass die Elasticität der Gefässwände bei den Respirationsbewegungen in hohem Grade in Anspruch genommen wird und dass daher die Widerstände in der Froschlunge bei der Inspiration sehr gross sein müssen.

Bedenkt man ferner, dass der Canalis pulmo-cutaneus, wie sein Name besagt, nicht nur die Lungenarterie, sondern auch die Hautarterie abgiebt, welche die Bauch- und Rückenhaut mit Blut versorgt, zahlreiche Anastomosen mit den Gefässen des grossen Kreislaufs eingeht und sich in ein Capillarnetz auflöst, dessen Venen in die oberen Hohlvenen einmünden, so muss man annehmen, dass die Widerstände im Lungenhautcanal nicht geringer sind, als in den übrigen Canälen der Schlagaderstämme.

Diese Erwägungen führen uns zu einer anderen Auffassung der Mechanik des Blutkreislaufs bei den nackten Amphibien.

Aus einer Vergleichung des Durchmessers der Hohl- und Lungenvenen und der ihrem Inhalt zukommenden Drücke ergiebt sich ein bedeutendes Uebergewicht der Stromstärke des venösen über das arterielle Blut. Soll nun das letztere befähigt sein stetig in das Herz einzufliessen, so muss ihm eine besondere von der venösen getrennte Mündung offen stehen und damit ist die Zerfällung des Vorhofs in zwei von einander geschiedene Abtheilungen verlangt. Der Forderung für ein ungehemmtes Einströmen des Arterienblutes in den Raum des Vorhofs ist besonders noch dadurch genügt, dass die Scheidewand auch bei ihrer grössten Spannung im Zustande

[1] Vergl. Küstner, Beitrag zu den Kreislaufverhältnissen in der Froschlunge. Virchow's *Archiv* u. s. w. Bd. LXI.

der Diastole sich niemals an die freie Wand der linken Vorhofsseite fest anlegen und desshalb auch nicht den vollen Druck des venösen auf das arterielle Atrium übertragen kann. Hat sich in Folge der bestehenden Einrichtung der diastolische Vorhof beiderseits mit Blut gefüllt, so wird beim Eintritt der Systole auf beide Abtheilungen des Vorhofs ein gleicher Druck ausgeübt und damit werden beide gleichzeitig entleert werden können. — An einer vollkommen gleichmässigen Mischung in der Herzkammer sind dann die Blutarten durch die geschilderten anatomischen Einrichtungen verhindert. Da aber in der Zeiteinheit aus den Lungenvenen weniger Blut als aus den Körpervenen zum Herzen gelangt, so darf auch keine vollkommene Trennung des Abflusses beider Blutarten ähnlich wie bei dem Warmblüter bestehen, denn diese fordert, gleichen Rhythmus der Systolen in beiden Ventrikeln vorausgesetzt, bekanntlich Gleichheit der Stromstärke in dem kleinen und grossen Kreislauf. Mit dem Beginn der Zusammenziehung befreit sich nun die Kammer des Froschherzens zuerst von dem venösen der Aortenzwiebel zunächst gelegenem Blute, dem in einem späteren Stadium der Systole das arterielle folgt.

Wie sich vom Bulbus das arterielle und venöse Blut auf die sechs Blutcanäle der Schlagaderstämme vertheilt, ist noch nicht völlig aufgeklärt; nur so viel steht fest, dass in den Aortencanal, welcher vermöge seiner ventralen Lage der Beobachtung am zugänglichsten ist, im Beginn der Ventrikelsystole dunkleres Blut einströmt, als gegen Ende derselben. Die Kräfte, welche das Blut aus dem Bulbus in die Schlagaderstämme hineintreiben, werden zunächst von der Kammermusculatur und nach vollendeter Ventrikelsystole von der Bulbusmusculatur geliefert. Das Füllungsverhältniss der sechs Blutcanäle muss von den Widerständen abhängen, welche der Blutstrom beim Uebergang von den Schlagaderstämmen in die Arterien und in den Verzweigungen der letzteren erfährt. Die Gleichheit der Pulscurven in den aus den Schlagaderstämmen hervorgehenden Arterien lehrt, dass die Widerstände am peripheren Ende der Schlagaderstämme für alle Blutcanäle gleich sind. Da weiterhin der physikalische Vorgang der Athmung bei den nackten Amphibien grosse Widerstände in den Lungengefässen bedingt und da nur der kleinere Theil des in den C. pulmocutaneus einströmenden Blutes der Lunge der grössere Theil der Bauch- und Rückenhaut zugeführt wird, so muss man annehmen, dass die Widerstände im Verbreitungsgebiet der aus dem C. pulmo-cutaneus hervorgehenden Arterien nicht geringer sind, als in den übrigen. Es erscheint daher die einkammerige Herzhöhle der nackten Amphibien auch in dem Sinne zweckmässig, dass die Gleichheit der Widerstände in den aus dem Herzen entspringenden Gefässen Gleichheit der treibenden Kräfte voraussetzt.

Dass die Lehre vom Blutkreislauf der nackten Amphibien noch manche

Unklarheiten bietet, bedarf wohl kaum der Erwähnung. Der Kreislauf der Lunge und der Haut, die Vertheilung des arteriellen und venösen Blutes in den Blutcanälen der Schlagaderstämme, das Verhalten der freibeweglichen Fläche des Septum bulbi im unverletzten Organ — fordern zu neuer Untersuchung auf.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. IV.

Fig. 1. Vordere Hälfte — Frontalschnitt — rechts oben Bulbus arteriosus — links oben Ostium atrioventriculare — im oberen Theil des Ventrikels vordere frontale Hauptkammerwand — im unteren Theil acht sagittale Nebenkammerwände (perspectivisch verkürzt) — die Klappen fehlen — das periphere Anastomosensystem ist nicht eingetragen. (Vergl. Fig. 3.)

Fig. 2. Linke Herzhälfte — Sagittalschnitt — oben Ostium atrio-ventriculare — frontale Hauptkammerwände (perspectivisch verkürzt) — eine sagittale Nebenkammerwand vollständig dargestellt — die übrigen Sagittalwände durch die erstere verdeckt.

Fig. 3. Eine Nebenkammer (in perspectivischer Verkürzung) — zwei Sagittalwände mit peripherem Anastomosensystem.

Fig. 4. Septum atriorum mit den halbmondförmigen Leisten des Sinuseinganges und den beiden Atrioventricularklappen in einer Ebene ausgebreitet.

Fig. 5. Bulbus arteriosus — Ansicht von vorn rechts — vordere Wand ausgeschnitten — unten links das Ostium arteriosum — die Spiralklappe, oben in die Trichterklappe übergehend — unter der letzteren der Eingang in den Lungenhautcanal — über derselben Eingang in die Körpercanäle — die Schlagaderstämme durch zwei Scheidewände in drei Canäle getheilt — die Semilunarklappen fehlen.

Die Wärme des erregten Säugethiermuskels.

Zweite Abhandlung.[1]

Von

R. Meade Smith.

Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.

Ueber die contractilen, thermischen und elektrischen Wirkungen des erregten Muskels würden wir nur wenig unterrichtet sein, hätte das ausgeschnittene Praeparat des Kaltblüters der Untersuchung nicht zu Gebote gestanden; dass es uns aber die Leistungsfähigkeit des Muskels in seinem vollen Umfange aufzudecken vermöchte, wird Niemand behaupten wollen. Vielleicht würden wir uns auf den Gebrauch des ausgeschnittenen Froschmuskels beschränken dürfen, wenn der Verlust an reizbaren und die Anhäufung an verbrauchten Stoffen, welche jede Erregung bewirkt, der Masse nach gegen den Vorrath des Muskels an verfügbaren Kraftmitteln ausser Betracht fielen. Hieran ist jedoch nicht zu denken; die mit der Wiederholung der Erregung fortschreitende Abnahme aller Befähigungen spricht deutlich für eine sehr bemerkbare Verminderung der reizbaren Stoffe und für noch weiter greifende Aenderungen, die ungleich wachsenden Ermüdungen der Hubfähigkeit und der Wärmebildung, welche Heidenhain aufgefunden hat.

Wenden wir uns von dem überlebenden Praeparate, zu dem vom Blute durchströmten, lebendigen Muskel, so finden wir, dass er weit länger dauernde Reize als jener erträgt, ohne seine Hubfähigkeit einzubüssen und dass er in einer auf die Ermüdung folgenden Ruhezeit sich weit rascher und vollständiger erholt, als wenn er den Blutwechsel entbehrt. — In Rücksicht auf den Umstand, dass auch der blutleere ermüdete Muskel

[1] Siehe *dieses Archiv*, 1881. S. 105.

durch Ruhe einen Theil seiner Hubfähigkeit wiedergewinnt, wird man schliessen dürfen, dass im Innern des Muskels Stoffe liegen, die sich im Verlaufe der Zeit aus trägen in reizbare umwandeln. Obwohl auch sie aus dem Blute stammen, so wird doch zu ihrer Ergänzung eine stetige Berührung von Muskel und Blut nicht gefordert werden, wenn auch, wie wahrscheinlich, ihre Anhäufung oder ihre Umbildung durch das anwesende Blut begünstigt wird. Verschieden hiervon muss die Wirkung des Blutes gelten, welche dem Muskel eine grössere Dauerhaftigkeit seiner Leistungen während einer fortgesetzten Reizung sichert; sie kann nur als eine stetige und unmittelbar eingreifende angesehen werden. In der Verschiedenheit des Gasgemisches, welches aus dem arteriellen und venösen Blute des erregten Muskels gewonnen wird, finden wir einen stofflichen Ausdruck für die Augenblicklichkeit des Antheils, welchen das Blut an den chemischen Vorgängen im Innern des erregten Muskels nimmt.

Sollte das, was für den Hub gilt, nicht auch auf die Wärmebildung anwendbar sein? Um hierüber Aufschluss zu erhalten, musste die Temperatur gemessen werden, welche der gleich stark gereizte Muskel annahm, ein Mal während er von dem Blutstrom durchspült und ein anderes Mal während er aus dem Kreislauf ausgeschaltet war. Zur Lösung der Frage hatte ich schon in meiner früheren Versuchsreihe einige Beobachtungen ausgeführt, welche ergaben, dass der stromlose Muskel sich nicht bloss weniger erwärmt, dass er auch eine geringere Wärmemenge liefert, als der durchströmte. Die damals zur Absperrung des Blutstroms verwendeten Operationen waren jedoch sehr zeitraubend und brachten den Nachtheil, dass wenige Minuten vor der beginnenden Reizung die schützende Umhüllung von dem zur Messsung der Temperatur benutzten Schenkel entfernt werden musste, so dass eine das Ergebniss des Versuchs trübende Abkühlung der Haut unvermeidlich blieb. — Reinere Resultate und eine mannigfachere Abänderung des Versuchs versprach eine neue Methode für die Unterbrechung des Blutstroms, mit welcher ich durch Hrn. Professor C. Ludwig bekannt gemacht wurde. Ihre Anwendung beruht auf der Eigenschaft der Kautschukröhren, dass durch einen in ihrem Innern hergestellten hydrostatischen Druck die gesammte Wand nicht gleichmässig, dass vielmehr ein beschränkter Abschnitt derselben blasenförmig aufgetrieben wird; desswegen können mit dünnwandigen und engen Kautschukröhren die Lumina bedeutend weiter Gefässe verstopft werden, insbesondere aber lässt sich durch die Ausweitung eines Kautschukröhrchens, welches durch die Art. subclavia in die Brustaorta eingebracht ist, die Lichtung der letzteren vollständig absperren. Zur Erzielung des beabsichtigten Erfolges diente:

Aus einem biegsamen sogenannten elastischen Katheter von 2^{mm} Durch-

messer wird ein 100 mm langes Stück herausgeschnitten, an einem seiner Enden wird ein feines dünnwandiges Kautschukrohr von 30 bis 40 mm Länge mit feinen Fäden fest angebunden und in dessen Mündung ein kleiner konischer Metallknopf durch Einbinden befestigt. An das zweite Ende des Katheters wird ein feines Metallrohr eingeschnürt, welches nach oben in eine mit einem Hahn verschliessbare leichte Canüle ausläuft. In die Mündung der Canüle ist der Conus einer 4 bis 5 cm fassenden Glasspritze eingeschliffen. Um die biegsamen Theile des zur Verstopfung dienenden Rohrs bei seiner Einführung in die Arterie mit Sicherheit führen zu können, wird in sein Inneres bis zum Metallpfropf des Kautschukröhrchens ein feiner Kupferdraht eingesteckt, und dessen aus der Canüle ragende Fortsetzung mit einer Oese versehen, die mit einem Faden an den Hahn angebunden wird, so dass die Lage des Drahtes in der Röhre gesichert bleibt. Zum Aufblähen des Rohres diente $^1/_2$ procentige NaCl-Lösung. Vor der Anstellung des physiologischen Versuchs empfiehlt es sich zu prüfen, welche Ausdehnung das Röhrenstück ohne zu zerreissen verträgt, und welche Flüssigkeitsmenge hierzu nothwendig ist.

Um die Lichtung der Aorta descendens verstopfen zu können, muss die eben beschriebene Röhre durch die Art. axillaris sinistra des Hundes eingeführt werden. Dieses Gefäss muss deshalb in seinem Verlaufe über die erste Rippe aufgesucht, in genügender Ausdehnung freigelegt und doppelt unterbunden werden. Treten im Bereich des praeparirten Stückes grosse Aeste ab, so ist der Eröffnung des Stammes seine Unterbindung vorauszuschicken. War nach Vollendung der operativen Vorbereitung die Röhre in die Art. axillaris eingeschoben, und glaubt man aus der Richtung und der Länge ihres Fortschreitens schliessen zu dürfen, dass sich das Kautschukröhrchen in der Aorta descendens befinde, so muss man sich von dem Gelingen durch weitere Prüfung überzeugen. Als Hülfsmittel dient hierbei der Nachweis, dass die Carotiden und die Schlagaderströme des rechten Armes noch pulsiren, die der unteren Extremitäten dagegen blutleer geworden sind. Weil es aber ganz vorzugsweise darauf ankommt, von der vollständigen Unterbrechung des Stromes in den unteren Extremitäten überzeugt zu sein, wird es nothwendig in eine der beiden Schenkelarterien eine Canüle und an diese ein Hg-Manometer einzufügen. Ist die Stopfröhre in die Aorta geschoben und ihre Ausdehnung durch die Einfüllung der vorher abgemessenen Flüssigkeitsmenge bewirkt, so sinkt, wenn die letztere am richtigen Orte lag, der Druck in der Schenkelarterie während weniger Secunden auf Null herab und wird dann der Inhalt des Schlauches, welcher sich von der Canüle zum Manometer hinerstreckt in die Arterie hineingepresst, so sinkt das Hg unter seinen Nullpunkt und verharrt auf dieser Stellung so lange, als die Stopfröhre ihre volle Schuldigkeit thut. — Wird darauf

der Hahn an der Canüle des Stopfrohres geöffnet, so spritzt die NaCl-Lösung im Strahle aus und fast gleichzeitig geht auch der Druck in der Schenkelarterie wieder empor. Wie es nach bekannten Erfahrungen zu erwarten war, erreicht jedoch der Druck in der Schenkelarterie meist nicht schon im Verlaufe der ersten Minute den vor dem Verschluss der Aorta innegehabten Stand; auf ihn gelangt er erst, wenn die Erschlaffung der Gefässwände aller blutleer gewesenen Stromgebiete wieder verschwunden ist. Nach der Wiederherstellung des normalen Tonus, in seltenen Fällen erst nach Verfluss von mehreren Minuten stellt sich jedoch in der Schenkelarterie der ursprüngliche Druck wieder ein. Einige Beispiele hierfür sind:

Druck in der Art. cruralis vor der Absperrung 134 ^{mm} Hg. Die Aorta war während 5 Minuten verschlossen. 30 Secunden nach Wiedereröffnung der Aorta Druck in der Schenkelarterie 65 ^{mm} Hg und 4 Minuten später 120 ^{mm} Hg.

Druck vor der Absperrung 100 ^{mm} Hg. Die Aorta bleibt 15 Minuten geschlossen, 1 Minute nach Wiedereröffnung 100 ^{mm}.

Jedenfalls halte ich es für nothwendig, während der ganzen Dauer eines Versuches das Manometer mit der Cruralarterie in Verbindung zu lassen, um stets von den Druckwerthen Nachricht zu erhalten, welche dem Strom durch den Schenkel zur Verfügung stehen. Um so mehr halte ich dieses für geboten, nachdem ich sah, dass zuweilen das abschliessende Röhrchen, weil die Aorta ausgeweitet oder das Kautschuk geplatzt war, nicht mehr dicht hielt. Besteht die Absicht, an demselben Thier die Aortenlichtung mehrmals nacheinander zu verstopfen und wieder zu öffnen, so ist es zweckmässig das entleerte Röhrchen liegen zu lassen. Die Stromkraft wird nicht beeinträchtigt und Gerinnungen wurden nicht bemerkt, auch wenn dasselbe mehrere Stunden hindurch in der Aorta verweilt hatte.

Die Section lehrte, dass in meinen Versuchen, welche an Hunden von 20 bis 25 ^{kgr} Körpergewicht ausgeführt wurden, das Stopfrohr etwa in der Mitte zwischen dem Ursprung der Axillaris und dem Zwerchfell gelegen war. Aus dieser Stellung erklärten sich die öfter eingetretenen dyspnoetischen Anfälle der Thiere, wenn die Verstopfung durch viele Minuten hin angedauert hatte. Da ich stets die Operation während einer tiefen Narkose ausführte, die durch Injection gelösten Chloralhydrats in die Venen erzeugt war, so hatte ich ohnedies die Anlegung einer Luftröhrenfistel für geboten erachtet, um so lange künstliche Athmung einzuleiten, bis ein durch zu starke Vergiftung eingetretener Stillstand der natürlichen wieder gehoben war. — Die Möglichkeit, von der künstlichen Athmung Gebrauch zu machen, kam nun auch dem schweren Athem zu statten, welcher die Verstopfung der Aorta begleitete.

Im Uebrigen wurde bei diesen Versuchen ähnlich wie in den früher

mitgetheilten verfahren. Von zwei miteinander verglichenen feinen in 0·1 Grade eingetheilten Thermometern, war einer durch die Art. carotis dextra bis in den Aortenbogen geführt, das zweite sass stets rechterseits unter der Fascie zwischen M. vastus externus und M. vastus profundus durchweg von rothem Fleische umhüllt; dorthin war es durch einen möglichst kleinen Schlitz durch die Haut und die Fascia gebracht worden. Der N. cruralis war hoch am Schenkel durchbunden und in die Elektroden aus Hartgummi eingelegt. Die Condylen des Femur waren eingeklemmt und an den freibeweglichen Unterschenkel ein Gewicht von stets 500 ^{grm} angeschnallt, welches mittels eines Zeigers seinen Hub auf einer in Millimeter getheilten Scala angab, alles in der auf S. 106 und 107 meiner früheren Abhandluug beschriebenen Weise. Auf die Umhüllung des rechten Oberschenkels mit möglichst dicken Lagen schlechter Wärmeleiter wurde die grösste Sorgfalt verwendet und besonders darauf geachtet, dass die Hülle während der gesammten nach Stunden zählenden Versuchszeit unverrückt liegen blieb. Der grösste Theil der Beobachtungen ist im Mai, Juni und Juli angestellt worden. Mehrfach habe ich mich davon überzeugt, dass nach einem längeren Bestand der Einwicklung die Temperatur der Haut im Maximum nur noch um 0·7 bis 0·8^0 C. unter der des ruhenden Muskels stand. Wahrscheinlich würde es gelingen, auch diesen Unterschied zu beseitigen, wenn man unter Verzicht auf die Notirung ihrer Bewegung die Pfote und den Unterschenkel in Wolle einbetten würde.

Aus der Berücksichtigung der Verhältnisse, unter welchen die Temperatur des Muskels gemessen wurde, erwuchs die Hoffnung, dass in kurzen, wenige Minuten umspannenden Zeiten, die in seiner Masse vorhandene Wärme merklich nur durch das Blut abgeleitet werden könne. Auf diesen wichtigen Punkt hatte sich zunächst die Aufmerksamkeit zu richten; Entscheidung musste das Verhalten des in den ruhenden Muskel eingesenkten Thermometers bringen. Die Voraussetzung verlangte zu ihrer Bestätigung, dass die Temperatur, welche der Muskel unmittelbar vor der Unterbrechung seines Blutstroms besessen hatte, während der Dauer der Aortensperre unverändert blieb, dass dagegen mit der Wiederkehr des Blutstroms sich eine rasche Aenderung derselben in dem Sinne einfinde, in welchem sie von dem zwischen Muskel und Blut bestehenden Unterschiede verlangt wurde. Um zu erkennen, in wie weit die Thatsachen der Unterstellung entsprachen, ward es nothwendig, die Temperatur zu beachten, welche das aus dem Herzen strömende Blut während der Dauer einer Aortensperre aufzeigt.

Die Ablesung des durch die Art. carotis bis in den aufsteigenden Schenkel des Aortenbogens eingeschobenen Thermometers ergab ausnahmslos, dass sich nach der Verstopfung der Aorta descendens das im offenen Reste des Gefässbaums kreisende Blut abkühlte. Von der Grösse und dem Verlauf der Temperatursenkung gewähren die nachfolgenden Zahlen eine Anschauung; in ihrer ersten Reihe steht die fortlaufende Zeit in Minuten; bei 0 erfolgte die Verschliessung der Aorta. In der zweiten Reihe sind die Temperaturen verzeichnet, welche nach Verfluss der darüberstehenden Minute abgelesen wurden; bewegt sich die Aenderung innerhalb eines gleichnamigen Temperaturgrades, so ist die ganze Zahl nur im Anfang der Reihe, später aber nur sein Bruchtheil hingeschrieben. In der dritten Reihe finden sich die in je einer Minute stattgehabten Verluste. — Die vier mitgetheilten Beobachtungen stammen von vier verschiedenen Thieren her.

I. Fortlaufende Zeit	0	1	2	3	4	5	6 Min.
Temperatur des Blutes	36·15	·05	35·95	·90	·85	·80	·76° C.
Verlust für je 1 Min.		0·10	0·10	0·05	0·05	0·05	0·04

Während einer Aortensperre vor 6 Minuten Dauer sank die Temperatur um 0·39° C.

II. Fortlaufende Zeit	0	1	3	5	7	9	11 Min.
Temperatur des Blutes	34·56	·42	·26	·22	·20	·20	.20° C.
Verlust für je 1 Min.		0·14	0·8	0·2	0·1	0·0	0·0

Während einer Dauer der Aortensperre von 11 Minuten sinkt die Temperatur in den ersten 7 Minuten um 0·36° C. und verharrt in den weiteren 4 Minuten auf dem niederen Stand.

III. Fortlaufende Zeit	0	1	2	5	10 Min.
Temperatur des Blutes	38·36	·15	·13	·06	·06° C.
Verlust für je 1 Min.		0·21	0·02	0·03	0·00

Während einer Dauer der Aortensperre von 10 Minuten sinkt in den ersten 5 Minuten die Temperatur um 0·30° C und verharrt von da ab auf dem niederen Stand.

IV. Fortlaufende Zeit	0	1	3	7	8	10	15 Min.
Temperatur des Blutes	39·50	·30	·32	·27	·25	·20	·20° C.
Verlust für je 1 Min.		0·20	+0·01	−0·01	+0·02	0·02	0·00

Während einer Dauer der Aortensperre von 15 Minuten sinkt unter einem vorübergehenden Ansteigen die Temperatur in den ersten 10 Minuten um 0·30° C. und verharrt von da ab auf dem niederen Stand.

Nachdem der Kreislauf durch Abdämmung des Abflusses in die untere auf die obere Körperhälfte beschränkt ist, stellt sich im Blute zwischen Wärmegewinn und Verlust ein neues Gleichgewicht auf einer niederen Temperaturstufe her, mit einer während der Absperrungsdauer abnehmenden Geschwindigkeit.

Vorausgesetzt dass die Strömung zu und von den unterhalb des Zwerchfells gelegenen Gefässgebieten vollständig unterbrochen ist, wird die Temperatur des im oberen Bezirke kreisenden Blutes durch das Entstehen einer neuen Wärmequelle in dem unteren nicht beeinflusst werden können. Wird eine solche durch die Erregung der Schenkelmuskeln eröffnet, so verläuft die von der Carotis gelieferte Temperaturcurve genau in der beschriebenen Weise; nur zuweilen scheint eine Ausnahme von dem geschilderten Verhalten einzutreten; die anfänglich herabgestiegene Hg-Säule des Thermometers geht wieder empor, wie dieses z. B. in der vierten der oben mitgetheilten Beobachtungen in der 3. Minute nach dem Aufblähen der Gummiröhre geschah. Beachtet man, wenn sich dieses ereignet, den Stand des in die Art. cruralis eingesetzten Manometers, so zeigt dasselbe jetzt einen über den Nullpunkt emporgegangenen Druck an; offenbar weil der Aortenverschluss undicht geworden ist. Zur Wiederherstellung der vollkommenen Sperre wird alsdann die Einführung einer weiteren Menge von Na Cl-Lösung in die Röhre nothwendig.

Dem Sinken der Temperatur im Carotisblut folgt ein Steigen, wenn der Aortenverschluss nach minutenlangem Bestehen wieder beseitigt wird, wie zu erwarten. Ueberraschend war es dagegen, dass die Temperatur des Carotisblutes nach der Wiederherstellung des gesammten Kreislaufs über den Grad hinaufstieg, welcher vor der Aortensperre abgelesen war, obwohl das Thier während der Dauer der letzteren in tiefer Narkose und unbehelligt von jedem reizenden Eingriff dagelegen hatte. So fand sich unter Anderen bei drei verschiedenen Thieren:

	Vor der Herbeiführung	am Ende	nach Wegräumen des Aortenverschlusses
1. Temperatur	39·18° C.	39·09° C.	39·27° C.
2. „	37·97 „	37·70 „	38·10 „
3. „	39·23 „	39·05 „	39·30 „

Wenn das kühler gewordene Blut, indem es die bisher stromlosen Gebiete durchsetzt hatte, mehr Wärme zurückbringen konnte, als vor der Absperrung der Aorta, so musste sich während der stromfreien Zeit in den Organen Wärme angehäuft haben. Ob sich in der That in den nicht durchströmten Geweben und Organen ein der postmortalen Temperatursteigerung ähnlicher Vorgang nachweisen lasse, schien mir eines Versuches werth.

Der Körper des in Chloralnarkose befindlichen Hundes war von der Bauchseite her mit Watte bedeckt; die Rückenseite lag auf einer Tischplatte aus Holz. Genau miteinander verglichene Thermometer wurden unter die Haut des Schenkels, in die Nähe des Femurs, in den Unterschenkelstrecker, in die Vagina und durch die A. carotis dextra in den Aortenbogen gesenkt. Der Versuch ergab:

	Haut.	Knochen.	Muskel.	Vagina.	Aortenblut.
Vor der Absperrung der Aorta	37·67	38·30	38·38	38·25	37·97° C.
Drei Min. nach vollendeter Absperrung	37·61	38·32	38·38	38·32	37·70° C.

Nach der Wiedereröffnung der Aortenlichtung wurde das Thier 17 Minuten hindurch sich selbst überlassen und dann die Absperrung der Aorta wiederholt. Während dieser Zeit hatten sich die Temperaturen in einzelnen der vorgenannten Orte verändert. Es besassen unmittelbar:

	Haut.	Knochen.	Muskel.	Vagina.	Aortenblut.
Vor der Absperrung der Aorta	37·60	38·30	38·41	38·38	38·13° C.
9 Min. nach vollendeter Absperrung	37·10	38·37	38·48	38·50	37·85 „
Die erreichten Aenderungen betragen	−0·50	+0·07	+0·07	+0·12	−0·28 „

An den Orten, an welchen bis dahin ein stetiges Anwachsen der Temperatur sichtbar gewesen war, begann nun ein allmähliches Sinken. Als die Absperrung der Aorta noch 6 Minuten, im Ganzen also 15 Minuten angedauert hatte, standen die Temperaturen in

der Haut,	dem Knochen,	dem Muskel,	der Vagina,	dem Aortenblut.
36·85	38·35	38·42	38·45	37·80° C.

Als aber der Aortenverschluss beseitigt war, fanden sich 9 Minuten später die Temperaturen in

der Haut,	dem Knochen,	dem Muskel,	der Vagina,	dem Aortenblute.
37·28	38·20	38·28	38·37	37·90° C.

Für die Absicht, in welcher er angestellt war, genügte der Versuch. In den stromlosen Körpertheilen kann mehr Wärme als nach aussen hin abgegeben wird entstehen; kehrt der Blutstrom zurück, so führt er den aufgehäuften Vorrath mit sich fort.

Nicht mit Stillschweigen möchte ich eine Beleuchtung übergehen, die durch das Ergebniss der Beobachtung dem Verfahren zu Theil wird, aus

der Zu- und Abnahme der Temperatur eines Körpertheils auf eine gleichsinnige Aenderung in der Stärke des Blutstromes zu schliessen. Hier zeigt sich, dass die Verstärkung des Blutstromes je nach dem Verhältniss zwischen seiner und der Eigentemperatur eines bestimmten Körperorts sehr verschieden wirken muss und wie wenig man berechtigt ist, einen Schluss, der für die Haut giltig ist, auch auf den Muskel auszudehnen. Durch einen reichlicheren Zufluss von Blut wird die kühle, starken Verlusten ausgesetzte Haut höher, der warme Muskel dagegen niedriger temperirt werden müssen. Auf Grund hiervon werden die Vorstellungen hinfällig, welche man sich über die Aenderungen des Blutstromes in den Muskeln in Folge der Durchschneidung bestimmter Nerven gebildet hat.

Eine für den ferneren Verlauf und die Bedeutung meiner Versuche wichtige Frage war es, ob sich die im oben mitgetheilten Falle beobachtete Erscheinung dahin verallgemeinern lasse, dass der ruhende Muskel, dessen Blutstrom unterbrochen war, stets befähigt sei, sich zu erwärmen. Vermochte der unzweifelhaft nur geringe Stoffumsatz, welcher im ruhenden stromlosen Muskel vor sich geht, eine Wirkung auf das Thermometer zu äussern, so dürfte mit Gewissheit behauptet werden, dass der Ort, an welchem die Wärme gemessen wurde, nur von höchst geringfügigen abkühlenden Einflüssen betroffen werde. In zahlreichen Beobachtungen an sechs verschiedenen Thieren ergaben sich die folgenden Resultate:

	Temperatur des ruhenden Muskels während der Absperrung der Aorta. Am Beginn.	Am Ende.	Temperatur des Arterienblutes während der Absperrung der Aorta.		Dauer der Absperrung.
I.	34.63	36.64	34·59	34·50	5 Minuten
	34.53	34·59	34·56	34·26	5 „
	34·50	34·50	34.32	33·88	5 „
	34·31	34·34	34.18	33·79	5 „
II.	39·07	39·11	39·18	39·09	5 „
	39·91	39·94	39·60	39·37	2 „
III.	38·21	38·27	38·06	37.95	5 „
	38·18	38·27	38·10	37·80	5 „
IV.	36·14	36·17	36·15	35·76	6 „
	36·19	36·21	36·10	35·80	5 „
V.	39·88	39·96	39·90	39·78	5 „
	39·81	39.91	39·90	39·85	5 „
	40·06	40·08	40·02	39·93	5 „
VI.	39·60	39·64	39·40	39·13	15 „
	39·80	39·87	39·20	39·20	9 „
	39·58	39·62	39·27	39·05	4 „

Durch die Uebereinstimmung der Ergebnisse befestigt sich die Ueberzeugung, dass der normal temperirte ruhende Säugethiermuskel ohne die Betheiligung des Blutstroms Wärme bildet. Und im Hinblick auf die Methodik, dass, geringe Temperaturunterschiede vorausgesetzt, der Ort, an welchem das Thermometer liegt, die in ihm entstandene Wärme in der That nur langsam abgiebt, sofern dem Blute der Zufluss verwehrt ist.

Unter anderen Bedingungen als der ruhende steht der tetanisirte Muskel, seine Temperatur erhebt sich bedeutend über die seiner nächsten kühler gebliebenen Umgebung; voraussichtlich ist er einem merklicheren Wärmeverlust ausgesetzt, in welchem Umfange und mit welcher Geschwindigkeit lässt sich ermitteln, wenn man zuerst den durchströmten oder stromlosen Muskel nur so lange reizt, bis sich die Temperatur des Muskels auf einen höheren Grad gesteigert hatte und dann während der weiter bestehenden oder jetzt erst bewirkten Verstopfung der Aorta den Gang des Thermometers verfolgt. — Selbstverständlich musste der Letztere wesentlich von der Masse des tetanisirten Muskels und dem Unterschied seiner und der umgebenden Temperatur beeinflusst werden, so dass es, um zu einer in weiteren Grenzen als Correcturmittel anwendbaren Regel zu gelangen, erwünscht gewesen wäre, Muskeln von verschiedenen Grössen zu beobachten, deren Temperatur in möglichst verschiedenem Grade über die vor der Reizung vorhandene emporgehoben war. Da zu allen meinen Versuchen stets annähernd gleich grosse Hunde ausgesucht waren, so würde ihren Forderungen durch die Erfüllung der letzteren Bedingung genügt worden sein. Leider ist dieses nicht im erwünschten Umfang erreichbar gewesen, wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht.

Die Temperatur des Muskels ist durch den Tetanus erhöht, dann die Aorta abgesperrt und der Muskel nicht weiter gereizt.

Versuch.	Temperatur des Muskels.		Dauer der Absperrung.	Höhe der Muskeltemperatur am Ende der Reizung über die am Beginne.
	Am Beginne der Absperrung.	Am Ende der Absperrung		
3	39·93	39·93	2 Minuten	0·47° C.
	36·70	36·65	3 „	0·49 „
	38·90	38·88	5 „	0.48 „
	38·81	38·80	6 „	0·48 „
8	39·70	39·67	5 „	0·44 „
	39·96	39·93	6 „	0·49 „
6	36·62	36·55	6 „	0·43 „
7	36·77	36·66	4·5 „	0·83 „

Indem ich aus den Zahlen ableite, dass bei einem Temperaturunterschied von 0·49 bis 0·43° C. zwischen dem Muskel und seiner Umgebung

der Abfall des Thermometers für je eine Minute 0·01° C. und bei einem solchen von 0·83° C. für je eine Minute 0·02° C. betragen habe, bin ich mir wohl bewusst, dass diese Angaben den wahren Sachverhalt nur sehr unvollkommen wiedergeben, da offenbar das Sinken mit dem abnehmenden Werthe des Wärmeunterschiedes ein langsameres werden muss, wenn nur die abkühlenden Einflüsse der Umgebung zur Wirkung kommen. An die Stelle eines Mittelwerthes müsste der Verlauf der Temperaturänderung über die Zeit treten. Aus einer Durchsicht meiner Zahlen ergiebt sich jedoch, dass die Säule des Thermometers keineswegs der eben geäusserten theoretischen Forderung entsprechend, sondern öfter anfänglich langsamer und in den späteren Minuten rascher absteigt. Aus der zu Tage tretenden Unregelmässigkeit dürfte zu schliessen sein, dass sich zu der Abkühlung auch noch eine ihre Folgen ausgleichende Wärmebildung hinzugesellen kann. Zur Schätzung des Betrages an Wärme, welche ein höher temperirter stromloser Muskel an seine kühlere Umgebung abgiebt, musste uns darum einstweilen die obige Angabe genügen. Allzuweit von der Wahrheit werden wir uns nicht entfernen, wenn wir der übereinstimmenden Aussage der Beobachtungen gemäss den Verlust in der Minute zu 2 Procent des Temperaturunterschiedes annehmen.

Weit mächtiger als seine feste Umgebung temperirt den Muskel das strömende Blut. Insofern man annimmt, dass sich der Muskel nur auf Kosten seiner eigenen Masse erwärmt, ist die Bedeutung des Blutes als Kühlungsmittel schon in meiner ersten Abhandlung klar gelegt worden. Aus den damals gleichzeitig ausgeführten Ablesungen der in den Muskel, in das Arterien- und Venenblut eingesenkten Thermometer ergab sich, dass bis zu einer bestimmten Grenze hin das Uebergewicht des venösen über den arteriellen Wärmegrad mit der Temperatur des Muskels wuchs. Zu dieser Thatsache, welche ihre einfachste Erklärung in dem Wegführen der vom Muskel stammenden Wärme durch das Blut findet, kann ich jetzt eine zweite fügen, die einwandsfrei dem strömenden Blute eine ganz hervorragende Rolle bei der Kühlung des erwärmten Muskels zuweist. Sie wird gewonnen, wenn man den Muskel einige Minuten hindurch tetanisirt hat, kurz vor dem Ende der Reizung die Aorta verstopft und dann einige Minuten später den Strom zu dem Unterkörper wieder freigiebt. Die im Tetanus angestiegene Temperatur des Muskels erhält sich auf annähernd gleicher Höhe während der Dauer der Aortensperre, sie bewegt sich dagegen mit der Wiederkehr des kühleren Blutes rasch abwärts. Die Geschwindigkeit mit der die Quecksilbersäule des Muskelthermometers absinkt, bemissst sich nach dem Betrage des Unterschiedes der Blut- und Muskelwärme, so dass anfangs, wenn der Blutstrom wiederkehrte, der Abfall steiler als später erfolgt. War der Muskel beispielsweise um 0·7 bis 0·8° C. wärmer als das

Arterienblut, so sank das in ihm eingebettete Thermometer schon in der ersten Minute des wieder zugelassenen Blutstroms um 0·2 bis 0·4° C.

Wenn bei der Ausführung des geschilderten Verfahrens die Aortensperre und die Nervenreizung gleichzeitig aufhörten, und der Muskel nur um etwa 0·2° C. wärmer als das Blut war, so trat mit dem hereinbrechenden Blutstrom zuweilen statt des gewöhnlichen Absinkens ein Ansteigen der Muskelwärme ein. Die aufwärts gerichtete Bewegung ist gering, sie geht nicht über 0·02° C. hinaus aber sie kann bis zu einer Minute lang fortdauern. Beobachtungen solcher Art sind bedeutungsvoll für die Bedingungen, unter welchen sich im Muskel Wärme bildet, der Behauptung, dass das Blut in der Regel abkühlend wirke, thun sie schon ihrer Seltenheit wegen keinen Eintrag.

Von den Ergebnissen der Wärmemessung am erregten Säugethiermuskel lassen diejenigen die einfachste Deutung zu, welche während des stromlosen Zustandes gewonnen sind. Darum wird ihre Darlegung in den Vordergrund zu stellen sein.

Reizt man, wie ich es stets gethan, den Nerven mit nahezu oder wirklich maximalen Inductionsströmen einige Minuten hindurch und lässt man nach dem Ende einer vorausgegangenen Reizung den Muskel 10 bis 15 Minuten hindurch, während er vom Blute durchsetzt wird, ruhen, so wird die Zahl der möglichen Variationen des Versuchs sehr beschränkt: Der ausgeruhte Muskel kann frisch oder schon gebraucht in den Tetanus eintreten — das erstere, wenn der Muskel nach Beendigung der Vorbereitungen sogleich vom Blutstrom abgesperrt und erregt ward, das letztere, wenn er den beiden genannten Eingriffen voraus schon einigemal im Tetanus verharrt hatte — und anderseits kann der Blutstrom mit dem Beginn der Nervenreizung oder schon einige Minuten vor derselben unterbrochen sein, so dass das in den Muskelgefässen verbliebene Blut noch ein wenig oder gar keinen freien Sauerstoff mehr enthält.

Da der tetanisirte Muskel sich nur bis zu einem gewissen Grade erwärmt, und dieses Maximum mit verschiedener Geschwindigkeit ersteigt, so muss die Darstellung des Versuchs beide Eigenschaften berücksichtigen. Um eine Vorstellung von dem Verlauf des Ansteigens zu gewinnen, wurde das Muskelthermometer nach dem Verfluss von je 30 Secunden abgelesen.

In der nachstehenden Zusammenstellung, in welcher Beobachtungen an sechs verschiedenen Hunden eingetragen sind, giebt von den zu je einem Tetanus gehörenden beiden Zahlenreihen die oberste den von je 30 zu 30 Secunden abgelesenen Stand des Thermometers; unmittelbar vor dem

Beginn der Nervenreizung wurde die erste der in der Reihe stehenden Zahlen notirt. So lange sich von ihr ab die Schwankung innerhalb desselben Grades bewegt, sind nur die Bruchtheile des Grades hingeschrieben. Steht an dem Orte, an welchem sich ein Temperaturgrad finden sollte, ein ?, so bedeutet dieses, dass zu jener Zeit keine Ablesung des Thermometers geschah. — In jeder zweiten Reihe sind die von halber zu halber Minute zugewachsenen Temperaturen verzeichnet in Hunderteln eines Grades. — Unter der Ueberschrift Tetanus ist angegeben, wie viel Mal der Muskel schon vorher tetanisirt wurde. Unter 'Stromlos' findet sich, wie viel Minuten vor dem Beginn der Reizung die Aortenlichtung verstopft worden war.

			Tetanus.	Stromlos.
	39·25 ·47 ·61 ·63 ·63 .63 22 14 2 0 0	Sa. 0·38° C.	0	seit 6 Min.
	39·26 ? ·65 ·72 ·71 39 7 —1	Sa. 0·46° C.	0	0 „
a)	34·64 ? ·94 ·35 ·01 ·06 ·10 ·14 ·20 ·23 ·25 ·26 ·27 ·29 ·30 ? 30 7 5 4 4 6 3 2 1 1 2 1	Sa. 0·66° C.	0	0 „
b)	34·59 ·78 ·82 ·86 ·92 ·94 ·97 35·01 ? ·06 ? ·11 ? ·11 19 4 4 6 2 3 4 ? 5 5 ? 0	Sa. 0·52° C.	1	seit 6 „
c)	34·50 ·70 ·78 ·80 ·82 ·82 ·85 ·84 20 8 2 2 0 3 1	Sa. 0·34° C.	3	„ 4 „
d)	34·34 ·51 ·52 ? ·54 ? ·55 17 1 ? 2 ? 1	Sa. 0·21° C.	4	„ 5 „
)	38·27 ·51 ·57 ·59 ·60 ·63 ·68 ·68 24 6 2 1 3 5 0	Sa. 0·41° C.	2	„ 6 „
)	38·27 ·47 ·57 ·62 ·65 ·64 ·66 20 10 5 3 —1 +2	Sa. 0·39° C.	4	„ 5 „
	36·21 ·41 ·45 ·44 20 4 —1	Sa. 0·24° C.	2	„ 5 „
	39·91 40·07 ·14 ·17 ·18 ·18 ·18 16 7 3 1 0 0	Sa. 0·27° C.	1	„ 5 „

Trotz mannigfachen Abweichungen von einander lassen die Beobachtungen doch eine Gesetzmässigkeit erkennen. Unmittelbar nach dem Beginn der Tetanisirung steigt die Hg-Säule und zwar rascher als in allen späteren Zeiten empor, sodass der Zuwachs der Temperatur in der ersten halben Minute den gesammten aller späteren Minuten entweder übertrifft, oder ihm sehr nahe kommt. Da das Thermometer die Wärme der Umgebung nicht augenblicklich annimmt, so muss aus der Plötzlichkeit, mit welcher seine Hg-Säule das Steigen beginnt und fortsetzt, auf eine nahezu momentane Entstehung des höheren Wärmegrades innerhalb der Muskelmasse geschlossen werden. In den späteren, auf die erste halbe Minute

folgenden gleichen Zeiträumen steigt das Thermometer allmählicher und namentlich um so langsamer, je entfernter der Termin an welchem die Ablesung geschah, vom Beginn der Reizung liegt, bis endlich bei noch weiterer Dauer des Tetanus der Stand des Thermometers unverändert bleibt. In der Periode dieses Stillstandes, in welcher also das Thermometer das Maximum des tetanischen Zuwachses an Wärme anzeigt, wird sich zwischen der Zu- und Abnahme der Wärme ein Gleichgewicht hergestellt haben, eine Unterstellung, zu der die vorhin mitgetheilten Ablesungen des in dem ruhenden, erwärmten und stromlosen Muskel eingebetteten Thermometers berechtigen. — Da bei den Bestimmungen des Wärmeverlustes der über ihre Umgebung erwärmten, ruhenden Muskeln, der Unterschied ihrer eigenen und der Temperatur ihrer Nachbarschaft in die gleichen oft sogar in weiter von einander abstehenden Grenzen fiel, als in den gegenwärtig betrachteten, und da die Trägheit der von mir hierauf geprüften Thermometer den Ausgleich eines Temperaturunterschiedes von 0·01° C. in einer 10 bis 20 Secunden dauernden Zeit nicht verhindern kann, so wird man, wenn das Thermometer kein weiteres Steigen der Wärme anzeigt, annehmen dürfen, dass die im Verlauf einer Minute neugebildete Wärme günstigen Falls nur noch befähigt gewesen sei, die Temperatur des Muskels um 0·01° C. emporzutreiben.

Fragen wir, ob und in wie weit sich Verlauf und Grösse der Wärmeentwickelung innerhalb des tetanisirten Muskels mit den Umständen ändere, so ergiebt sich zunächst, dass die Grösse des Temperaturzuwachses und die Art des Ersteigens nicht wesentlich durch einen im Muskel vorhandenen Rest sauerstoffhaltigen Blutes beeinflusst werde.

Dagegen macht es sich neben der noch nicht fassbaren Besonderheit des Thieres geltend, ob der frische oder der schon gebrauchte Muskel nach dem Verfluss gleich langer Ruhezeiten tetanisirt wurde. Als Beispiel diene die Beobachtungen an dem III. Hunde. Hier wurde der frische Muskel, nachdem er stromlos gemacht war, mit einem Reiz von annähernd maximaler Stärke, dann zum zweiten Male 21 Minuten später, während welcher er durchströmt war, maximal gereizt, dann zum dritten Mal nach 21 Minuten Ruhe und Durchströmung gereizt und endlich zum vierten Mal nach 16 Minuten Ruhe und Durchströmung beide Mal im stromlosen Zustand gereizt. Die Maxima des Temperaturzuwachses während der Tetanisirung des stromlosen Muskels betrugen der Reihe nach 0·66, 0·52, 0·34, 0·21° C. und die Dauer des Ansteigens 7 Minuten, 6 Minuten und 4 Minuten, so dass die Steilheit und die Ausdauer des Wachsthums der Temperatur mit der Wiederholung des Tetanisirens in einer Abnahme begriffen waren.

Weil der Muskel von dem Standort des Thermometers aus an seine Umgebung nur wenig Wärme verliert und sich darum die während der

gesammten Dauer eines Tetanus entstandene Wärmemenge anhäuft, so lässt sich die letztere in Wärmeeinheiten angeben, vorausgesetzt, dass die Wärmecapicität des Muskelstoffs bekannt ist. Nach Rosenthal beträgt sie, die des Wassers zu 1 angenommen, = 0·825. Legen wir das in der vorstehenden Tabelle enthaltene Maximum (0·66° C.) und das Minimum (0·21° C.) der Ausrechnung zu Grunde, so würde die in je 1 grm tetanisirten Muskels gebildete Wärme sich zwischen 0·54 und 0·17 Wärmegrammen bewegt haben.

Um wie viel und nach welchem zeitlichen Gesetz ein maximaler Tetanus von langer Dauer die Wärme des von Blut durchströmten Muskels ändert, wurde schon in meiner ersten Abhandlung beschrieben. Während seines Bestandes stieg die Temperatur des Muskels über die des Blutes anfänglich rasch und dann langsamer bis zum endlichen Stillstande des Wachsthums empor. Von dem Punkte an, auf welchem die Temperatur des Blutes und Muskels ihren grössten Unterschied erreicht hatten, näherten sich beide wieder einander, indem von nun an die Wärme des Muskels tiefer und tiefer herabsank.

Ob in einer gesteigerten Abkühlung durch den stärkeren Blutstrom oder in einer schwächeren Bildung von Wärme das Sinken der Temperatur begründet war, musste früher dahingestellt bleiben. Gegenwärtig kann während einer durch Minuten dauernden Tetanisirung des Nerven der Blutstrom zum Muskel wechselnd zugelassen, abgesperrt und wieder zugelassen, dann aber nach Beendigung der Reizung die Messung der Temperatur noch einige Zeit hindurch fortgesetzt werden. — Die Dauer der drei ersten Perioden des Versuchs werden zweckmässiger Weise verschieden lang zu wählen sein, so dass der Aortenschluss entweder vor oder nach dem Zeitpunkt erfolgt, in welchem der Muskel das Maximum der erreichbaren Temperatur erlangt hat.

Gesetzt es läge die Ursache, warum die Temperatur des durchströmten Muskels nicht weiter emporgeht, in seiner Kühlung durch das Blut, so müsste mit dem Aortenschluss das Steigen des Thermometers von Neuem beginnen; wo nicht, so war das Vermögen, Wärme zu bilden, beeinträchtigt; für das Maass, in welchem dasselbe noch fortbestand, liess sich dann ein Kennzeichen aus dem Stande der Eigenwärme gewinnen, die der Muskel mit und ohne Erregung noch behauptete.

Zu den beschriebenen Versuchen sind vorzugsweise wärmekräftige Thiere geeignet; die beiden nachfolgend geschilderten stammen von einem solchen. In dem ersten war die Reizung bei offener Aorta so lange fortgesetzt bis das Ansteigen der Temperatur sicher ein Ende gefunden hatte, bei dem zweiten waren die Perioden kürzer gewählt worden.

Die jedesmal erste Zahl, welche in der Reihe hinter dem Wort 'Muskel' aufgeführt worden ist, giebt den Wärmegrad desselben unmittelbar vor Beginn der Reizung, die folgenden die an dem Muskelthermometer abgelesenen Stände von Minute zu Minute. Hinter 'Blut' sind die Stände des Carotidenthermometers eingetragen; wegen der sehr allmählich fortschreitenden Aenderung der Blutwärme ist die Angabe des Wärmegrades zu Anfang und zu Ende je einer Periode des Versuchs genügend.

Der Versuch zerfällt in vier Abschnitte, drei mit Tetanus, im vierten Muskelruhe.

I.

1. Aorta offen.

Muskel	37·83	38·39	·55	·70	·76	·80° C.	
Zuwachs der Muskeltemp.		56	16	15	6	4	Insgesammt 0·97° C.
Blut	37·70° C.				37·75° C.		

2. Aorta geschlossen.

Muskel	38·80	·80	·80	·80° C.
Zuwachs	0	0	0	0

3. Aorta geöffnet.

Muskel	38·80	·55	·45	·30	·18	·10	·8	·4	38·00	·00	·00	·00	·00	·00
Zuwachs		—25	—10	—15	—12	—8	—2	—4	—4	0	0	0	0	0
											Insgesammt —0·80° C.			
Blut	37·70		37·75	37·72							37·70° C.			

4. Aorta offen. Ohne Reizung.

Muskel	38·0	37·95	·94	·92	·87
		—5	—1	—2	—5
Blut	37·70			37·70° C.	

Aus den Zahlen ist die Fig. 1 entstanden, die stark ausgezogene Curve entspricht dem Verlauf der Temperatur des Muskels, die schwächere der des Blutes. Am unteren Rande der Grundlinie sind durch Punkte die Minuten markirt; von den auf ihr errichteten senkrechten Linien begrenzen die punktirten die Veränderung der Versuchsbedingung, ob im Verhältniss zum Blutstrom oder zur Reizung ist aus der Unterschrift zu ersehen. — Die Länge der groben Senkrechten misst die Grösse des in der Art. cruralis vorhandenen Blutdrucks; die neben sie hingeschriebene Zahl bedeutet mm Hg.

Um die Bedeutung des Versuchs vollständig zu würdigen, wird noch die Berücksichtigung der Eigentemperatur des Muskels nothwendig. Sie

betrug vor Beginn des Tetanus 0·13° C., während der ersten vier Minuten desselben erhob sie sich auf 1·05° C., da sie bei fortdauerndem Blutstrom sich 30 Secunden hindurch auf diesem Standpunkt hielt, so war zu erwarten, dass nach der Abhaltung des wesentlichen Kühlungsmittels die

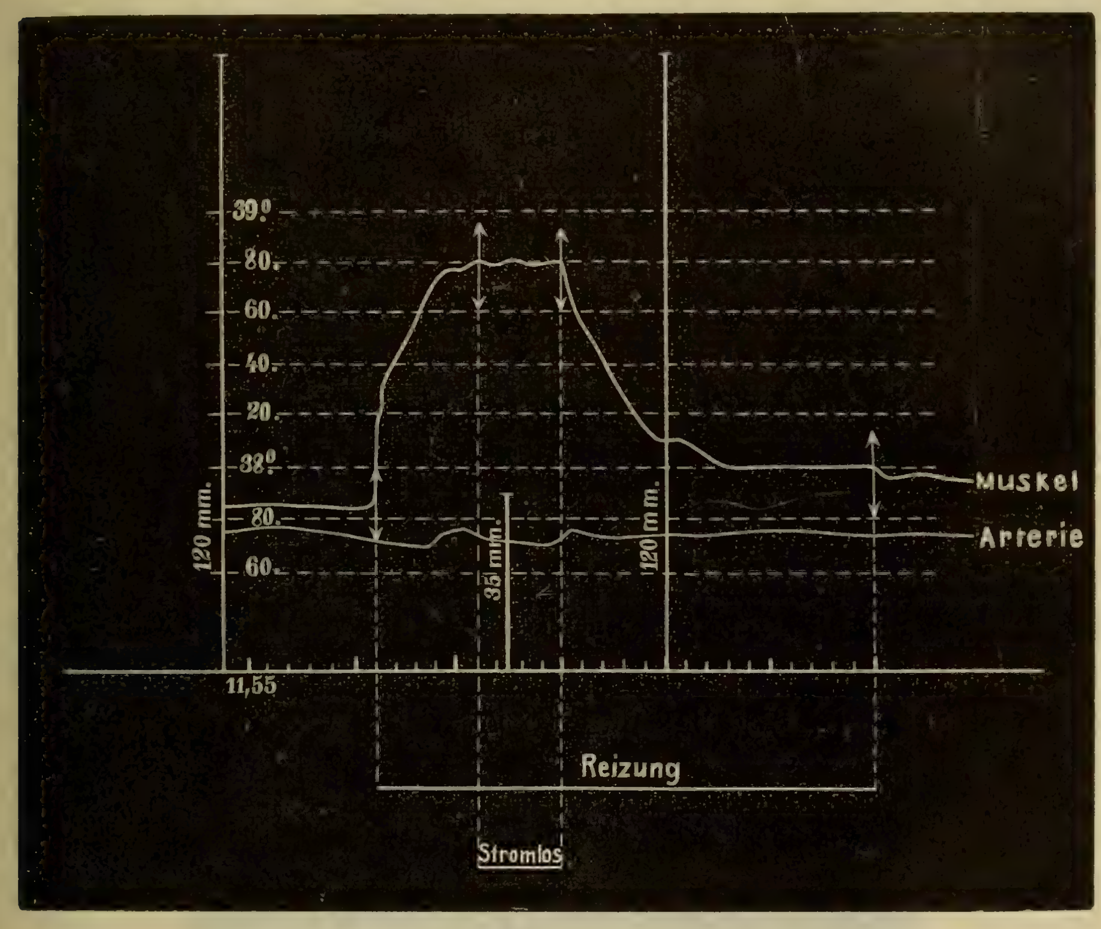


Fig. 1.

Temperatur des Muskels wieder emporgehen werde; statt dessen verharrte jedoch vier Minuten lang bei abgesperrtem Strom der bis dahin erreichte Wärmegrad, und er sank dann, wie vorauszusehen, nachdem das Blut wieder zufloss, abwärts. Als aber die Eigentemperatur auf 0·28° C. heruntergekommen war, nahm das weitere Sinken ein Ende und sie stand von da ab vier Minuten hindurch so lange, als der Tetanus andauerte, auf gleicher Höhe. Erst als der Tetanus beendigt war gelang es dem Blutstrom, den Muskel auf die vor der Reizung vorhandene Eigentemperatur herabzudrücken.

II.

1. Aorta offen.

Muskel	38·37	·85	39·07	und 30 Sec. später	39·23
Zuwachs		48	22		16 Insgesammt + 0·86° C.
Blut	38·08				38·08

2. Aorta geschlossen.

Muskel	39·23	·26	·27	·28	·30
Zuwachs		3	1	1	2

3. Aorta offen.

Muskel	39·38	·15	38·04	·83	·83	·77	·74
Zuwachs		—15	—31	—1	0	—4	—3
Blut	37·95	38·21				38·17	

4. Aorta offen. Ohne Reizung.

Muskel	38·74	·56	·45	·36	·29	·29	·29	·29	·29	·29
Zuwachs		—18	—11	—9	—7	0	0	0	0	0
Blut	38·21			38·18			38·15			

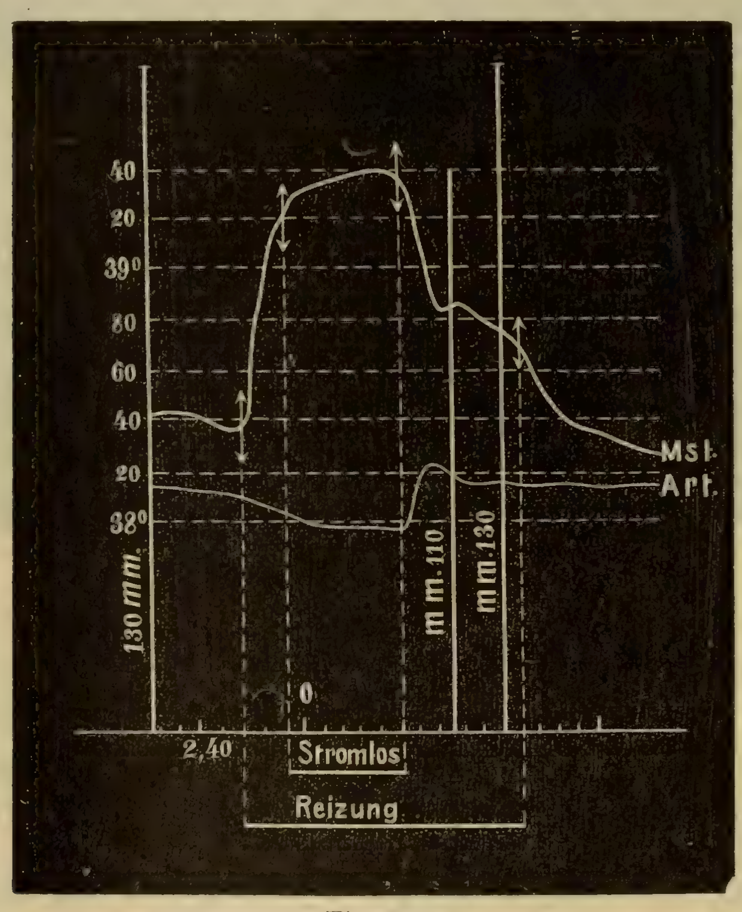


Fig. 2.

Die zu Fig. 1 gegebene Erklärung der Linien findet auch auf Fig. 2 ihre Anwendung.

Zum Unterschied von dem vorhergehenden war in dem letzten Versuche die Aorta schon $2^1/_2$ Minuten nach dem Beginn der Reizung verstopft worden, zu einer Zeit, in welcher voraussichtlich das Ansteigen der Eigenwärme noch fortdauerte. Sie war in dieser ersten Periode des Ver-

suchs von 0·29° C. auf 1·15° C. angewachsen, und als nun die Aorta verstopft werden, stieg die Temperatur, wenn auch in mässigem Grade noch 4 Minuten hindurch; so wie aber der Blutstrom wiederkehrte, fiel die Eigentemperatur in 2 Minuten auf 0·63° C., verharrte dort 2 Minuten hindurch und sank dann noch während der Dauer des Tetanus allmählich weiter; erst als die Reizung beendet war, fiel die Eigentemperatur auf 0·14° C. herab.

Dass ich zwei im Wesentlichen übereinstimmende an demselben Thier gewonnene Beobachtungen mittheile, begründet sich dadurch, dass in dem ersten derselben, wie aus der ihn darstellenden Fig. 1 zu ersehen, die anfänglich vollkommene Verstopfung der Aorta unbemerkt unvollständig wurde, und in Folge hiervon der Druck in die Art. cruralis auf 30 ^{mm} Hg stieg. Wenn sich dessen ungeachtet in dem Muskel die Wärmebildung ebenso verhielt, als ob der arterielle Zufluss gänzlich abgesperrt gewesen sei, so ergiebt sich daraus, dass bei jenem Druck in den Muskelgefässen nur ein sehr schwacher Strom bestanden habe.

Auf sichere Thatsachen gestützt dürfen wir nun behaupten, dass an dem Verlauf der Temperaturcurve innerhalb eines vom Blut durchströmten, maximal tetanisirten Muskels die veränderliche Wärmebildung einen wesentlichen Antheil besitze. Während der Fortdauer des Tetanus nimmt die am Beginn der Erregung mit grosser Energie auftretende Entwickelung von Wärme anfangs rasch und dann fortlaufend langsamer bis zu einem dem Erlöschen nahe kommenden Grade ab. Für den aufsteigenden Schenkel der genannten Curve durfte eine gleiche Erklärung schon früher ausgesprochen werden, weil in der Periode, in welcher die Eigenwärme des Muskels mit abnehmender Steilheit empor geht, sich die Stärke des Blutstroms zu wenig ändert, um das hieraus resultirende Wachsthum der Abkühlung für die stetige und bedeutende Abnahme des Zuwachses an Temperatur verantwortlich machen zu können. Jetzt, da wir gesehen, dass nach dem Stillstand des Blutstroms auch in dem absteigenden Schenkel der Curve die Temperatur nicht wieder anwächst, muss der verminderten Wärmebildung ein wesentlicher Antheil an dem Sinken der Temperatur zugeschrieben werden, welcher bei bestehendem Blutstrom bemerkbar wird.

Will man entscheiden, ob der Wärme erzeugende Vorgang, welcher im tetanisirten Muskel abläuft, durch das strömende Arterienblut gesteigert werden kann, so bietet sich hierzu zunächst kein anderes Mittel, als die Vergleichung der Temperaturerhöhung, welche der stromlose und der durchströmte Muskel durch gleich starke bez. maximale Erregung erfahren. Aus

den vorausgeschickten und schon früher bekannten Thatsachen ergiebt sich, dass man nur dann der Wärmebildung im durchströmten Muskel ein Uebergewicht über die im stromlosen vorhandene zuschreiben darf, wenn die Höhe, auf welche die Temperatur steigt, und die Dauer, in der sie besteht, unter weniger günstigen Bedingungen im ersteren grösser ausfällt, als unter günstigen im letzteren. — Der aufgestellten Forderung entsprechend muss der fortschreitenden Ermüdung wegen, welche durch eingeschaltete Ruhezeiten nicht wieder vollkommen wegzuschaffen ist, bei der Vergleichung zweier Reizungen auf ihre erwärmende Befähigung die des stromlosen Muskels der des durchströmten vorausgehen. Erwärmt sich bei der so gewählten Reihenfolge der durchströmte höher und dauerhafter als der stromlose Muskel, so muss das fliessende Blut die Bildung der Wärme begünstigt haben, weil der von ihm benetzte Muskel ermüdeter und einer grösseren Abkühlung ausgesetzt war. — Auf diese Weise sind die von mir zur Entscheidung aufgerufenen Versuche angestellt. Von ihren Ergebnissen lege ich zuerst diejenigen vor, welche sich auf das Maximum des Temperaturzuwachses beziehen, welches durch Reizung des stromlosen und durchströmten Muskels zu erreichen waren.

Hund 1.

1. Tetanus. Muskel stromfrei. Die Temperatur steigt von 39·25° C. auf 39·63° C. Maximum 0·38° C.

2. Tetanus. Muskel durchstr. Die Temperatur steigt von 39·86° C. auf 39·96° C. Maximum 0·50° C. Eigentemperatur + 0·49° C.

3. Tetanus. Muskel stromfrei. Die Temperatur steigt von 39·65° C. auf 39·95° C. Maximum 0·30° C.

4. Tetanus. Muskel durchstr. Die Temperatur steigt von 39·75° C. auf 40·12° C. Maximum 0·37° C. Eigentemperatur + 0·40° C.

Hund 2.

1. Tetanus. Muskel stromfrei. Die Temperatur steigt von 34·59° C. auf 35·11° C. Maximum 0·52° C.

2. Tetanus. Muskel durchstr. Die Temperatur steigt von 34·59° C. auf 35·07° C. Maximum 0·68° C. Eigentemperatur + 0·80° C.

Hund 3.

1. Tetanus. Muskel stromfrei. Die Temperatur steigt von 38·27° C. auf 38·68° C. Maximum 0·41° C.

2. Tetanus. Muskel durchstr. Die Temperatur steigt von 38·08° C. auf 38·84° C. Maximum 0·76° C. Eigentemperatur + 0·83° C.

Hund 4.

1. Tetanus. Muskel stromfrei. Die Temperatur steigt von 32·75° C. auf 33·13° C. Maximum 0·38° C.

2. Tetanus. Muskel durchstr. Die Temperatur steigt von 32·10° C. auf 32·54° C. Maximum 0·44° C. Eigentemperatur + 1·07° C.

Hund 5.

1. Tetanus. Muskel stromfrei. Die Temperatur steigt von 39·26° C. auf 39·72° C. Maximum 0·46° C.

2. Tetanus. Muskel durchstr. Die Temperatur steigt von 39·10° C auf 39·50° C. Maximum 0·40° C. Eigentemperatur + 0·32° C.

Das Mittel aus den Beobachtungen giebt für den weniger ermüdeten und durch Absperrung des Blutstroms vor Abkühlung geschützten Muskels eine maximale Zunahme der Temperatur von 0·41° C., für den später unter Zulassung des um 0·65° C. kühleren Blutes gereizten eine solche von 0·53° C., woraus um so gewisser auf einen Antheil des Blutes an der Wärmebildung zu schliessen ist, als mit Ausnahme nur eines Versuches die einzelnen in das Mittel eingehenden Werthe nach der gleichen Richtung hinweisen und die Abweichung des Ausnahmefalles nur darin besteht, dass der maximale Zuwachs des durchströmten und ermüdeten Muskels um 0·06° C. hinter dem des stromlosen zurückblieb.

Zur Beurtheilung für die Weise, wie das Blut wirkt, ist die Frage, zu welcher Zeit es eingreift, nicht gleichgültig. Da mit dem Hereinbrechen der Erregung die Temperatur sich sehr, man könnte sagen zu rasch ändert, als dass dem Blut Zeit gegönnt wäre, um einen im Innern des Muskels entstandenen Vorgang zu beeinflussen, und da der Strom auch ohne künstlich verstopft zu sein, in den ersten Secunden der Tetanisirung[1] stockt, so wird für den stromlosen und durchströmten Muskel in den ersten Secunden des Tetanus ein gleicher, und erst für die späteren Perioden ein ungleicher Grad von Wärmebildung wahrscheinlich. Hierüber durch das träge Thermometer eine Entscheidung zu finden, wird nur in einem beschränkten Maasse und auch dieses nur dann möglich sein, wenn es sich um grössere Unterschiede in der Dauer der wachsenden Temperatur handelt. Solche treten in der That hervor; zum Verständniss der folgenden Zusammenstellung diene:

Mit dem Wechsel der römischen Ziffern tritt ein gleicher der beobachteten Thiere ein. Die Zahl vor dem Tetanus giebt die Folge der während eines Versuches angestellten Reizungen an. Die erste Zahl in der hinter Tetanus stehenden Reihe bedeutet den Temperaturgrad des Muskels un-

[1] Gaskell, *Arbeiten aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.* 1877.

mittelbar vor dem Beginn der Reizung, die folgenden um wie viel Hundertel eines Grades das Thermometer in der je nächsten halben Minute anstieg. — Unter ‘Bemerkungen’ ist gesagt, ob der Muskel während des Tetanus durchströmt oder stromlos war.

I.	1.	Tetanus.	39·25° C.	22	14	2	0										stromlos
	2.	„	39·46 „	27	14	8	2	0									durchströmt
	3.	„	39·65 „	22	6	2	0										stromlos
II.	1.	Tetanus.	34·59° C.	14	?	5	4	4	6	2	3	4	?	5	?	5	stromlos
	2.	„	34·39 „	25	11	12	8	6	4	1	0						durchströmt
	3.	„	34·50 „	20	8	2	2	0									stromlos
III.	1.	Tetanus.	37·83° C.	46	10	6	10	6	9	5	1	3	0				durchströmt
	2.	„	38·27 „	24	6	2	1	3									stromlos
	3.	„	38·08 „	22	24	16	8	5	1	0							durchströmt
	4.	„	38·27 „	20	10	5	3										stromlos
IV.	1.	Tetanus.	39·38° C.	?	32	18	2	11	6	3	0						durchströmt
	2.	„	39·64 „	23	4	2	1	1	3	0							stromlos
	3.	„	39·27 „	28	9	13	14	9	7	3	1	0					durchströmt.

Anfangs vom Beginn bis zur 30. Secunde der tetanischen Erregung steigt im stromlosen und durchströmten Muskel das Thermometer annähernd gleich rasch. Dagegen besteht ein merklicher Unterschied rücksichtlich der weiteren Dauer des Anwachsens. Mit Ausnahme eines Falles wechselt die Zeit, während welcher im stromlosen Muskel das Thermometer sein Steigen fortsetzte, zwischen 1·5 und 3 Minuten, indess es im durchströmten Muskel erst nach 2·5 bis 4·5 Minuten den höchsten Punkt der Eigentemperatur anzeigte. Aus der grösseren Ausdauer, mit welcher der durchströmte im Gegensatz zum stromlosen Muskel seine Temperatur steigert, kann nur geschlossen werden, dass das Blut den ursprünglich mit gleicher Energie auftretenden Process zu unterstützen und in die Länge zu ziehen vermag. In irgend einer Weise macht sich demnach der Einfluss des Blutes auch während des tetanischen Bestandes geltend.

Dass es von dieser Regel Ausnahmen giebt, zeigt der Tetanus des Hundes II; hier stieg das im stromlosen Muskel eingebettete Thermometer 6·5 Minuten hindurch, doch weicht dieser Tetanus von den anderen desselben und denjenigen der übrigen Muskeln auffallend durch die sehr geringe Geschwindigkeit ab, mit welcher seine Wärme zunahm; denn es erreichte in der langen Zeit der Zuwachs an Temperatur nur 0·52° C., während sich im folgenden Tetanus des durchströmten Muskels nach 3·5 Minuten die Eigentemperatur um 0·62° C. erhöht hatte.

Wird die Umsetzung im tetanisirten Muskel durch den Mangel frischen Blutes am Weiterschreiten gehemmt, so liegt es im Bereich der Möglich-

keit, dass das Thermometer, wenn es im Verlaufe eines vom stromlosen Muskel ausgeführten Tetanus zum Stillstand gekommen ist, sein Steigen von dem Augenblick wieder aufnimmt, in welchem die Aortensperre gelöst wurde. — Dieses ist mir einige Male begegnet.

Die Bemerkungen, welche zur Erläuterung der vorigen Tabelle dienten, gelten auch hier, mit dem Unterschiede jedoch, dass diesmal zwischen je zweien den Zuwachs der Temperatur angebende Zahlen eine Minute verstrichen war.

		Aorta gesperrt.	Aorta offen.
1. Tetanus.	34·34° C.	18 2 1 0	5 8 4 4 2 0
		insgesammt in 4 Min. = 0·21° C.	insgesammt in 5 Min. = 0·23° C.
			Eigentemperatur + 0·68° C.
2. „	38·27° C.	30 8 0	7 13 8 3 0
		insgesammt in 3 Min. = 0·38° C.	insgesammt in 4 Min. = 0·31° C.
			Eigentemperatur + 0·77° C.
3. „	36·21° C.	24 0	8 13 3 1 0
		insgesammt in 2 Min. = 0·24° C.	insgesammt in 5 Min. = 0·25° C.
			Eigentemperatur + 0·70° C.

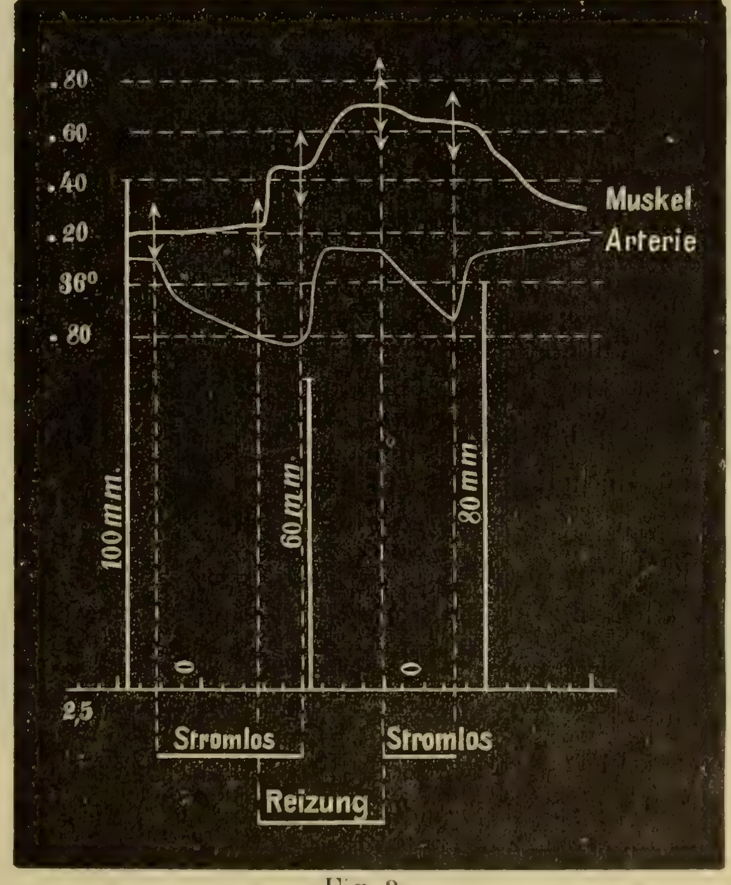


Fig. 3.

Anschaulich wird der Verlauf der Temperatur durch Fig. 3. Sie ist nach den Zahlen des unter III aufgeführten Versuches entworfen. Den Linien kommt die in Fig. 1 erklärte Bedeutung zu.

Durch die vorgelegten und die ihnen ähnlichen Beobachtungen findet die Theilnahme des Blutes an der im tetanischen Muskel ablaufenden Umsetzung einen deutlichen Ausdruck. Denn als der chemische Process im tetanisirten stromlosen Muskel gerade noch zur Lieferung der Wärmemenge ausreichte, um die vorhandene Temperatur gegenüber einer um 0·2 bis 0·4° C. kühleren Umgebung aufrecht zu erhalten, wurde die Umsetzung durch den hereinbrechenden Blutstrom

wieder so lebhaft, dass der Muskel von Neuem nicht unbeträchtlich an Wärme zunahm, obwohl er gleichzeitig von dem um 0·68 bis 0·77° C. temperirten Blut abgekühlt wurde.

Nicht immer und namentlich nicht in gleichem Maasse tritt der eben geschilderte Erfolg nach der Wiederkehr des Blutstroms während noch fortdauernder Reizung ein. Oefter stieg die Temperatur des Muskels nur um einige Hundertel eines Grades, und nicht selten gewann die abkühlende Wirkung des Blutes das Uebergewicht über die erwärmende der chemischen Umsetzung. Nach meinen Beobachtungen kann mit hoher Wahrscheinlichkeit auf ein Absinken der Eigenwärme des Muskels gerechnet werden, wenn die Verstopfung der Aortenlichtung aufgehoben wird, nachdem sie während einer über 6 Minuten hin andauernden Reizung bestanden hatte.

Die im stromlosen Zustande gereizten Muskeln, von welchen bisher gesprochen wurde, waren während eines grösseren Theils der längeren Ruhezeit, die auf den vorausgegangenen Tetanus folgte, vom Blut durchströmt gewesen. Sie hatten dann eine wenn auch gegen die im durchströmten Zustand gereizten Muskeln verminderte, immerhin aber eine noch beträchtliche Temperaturerhöhung erfahren.

Ueber den Antheil, welchen das zum ruhenden Muskel hintretende Blut an der Grösse der Wärmebildung genommen hat, konnte die folgende Aenderung des Verfahrens Aufschluss geben. Der Muskel wurde mit oder ohne Zufluss des Blutes gereizt und ermüdet. Nach beendeter Reizung wurde oder blieb die Aorta verstopft; nachdem der Muskel 13 bis 15 Minuten hindurch geruht hatte, wurde er von neuem tetanisirt, sodass er ohne Betheiligung des arteriellen Blutes sich aus seinem ermüdeten Zustand erholen und dann auch von Neuem anstrengen musste. In dieser Anordnung ahmt der Versuch am Säugethier das Verfahren nach, welches sich am ausgeschnittenen Froschmuskel als das allein mögliche ergiebt.

Es stellte sich heraus, dass der Muskel, welcher im stromlosen Zustand ausgeruht und gereizt war, sich noch mit dem Eintritt in den Tetanus erwärmte, aber bedeutend geringer, als wenn er, vom Blute durchströmt, sich erholt hatte und nur während der Dauer der Reizung stromlos gemacht worden war.

Dass der ruhende Muskel durch seine Berührung mit arteriellem Blut im Wesentlichen zu der Wärmebildung befähigt wird, die er im Tetanus aufzeigt, dafür sprechen die folgenden Belege.

I.

Tetanus 1. Vor seinem Beginn eine mindestens halbstündige Ruhe mit offenem Strom. Mit Beginn der Reizung wird die Aorta gesperrt. Anfangstemperatur 39·26° C. Maxim. Zuwachs 0·46° C.

Tetanus 2. Nach Ende des Tetanus 1 wird die Aorta gesperrt gehalten, während einer Muskelruhe von 10 Minuten und der Dauer des Tetanus 2.

Anfangstemperatur 39·46° C. Maxim. Zuwachs 0·08° C.

Tetanus 3. Nach Ende des Tetanus 2 wird die Aorta geöffnet, während einer Muskelruhe von 10 Minuten und der Dauer des Tetanus 3.

Anfangstemperatur 39·10° C. Maxim. Zuwachs 0·40°
Eigentemperatur + 0·30° C.

Der Verlauf dieses Versuchs ist durch Fig. 4. dargestellt.

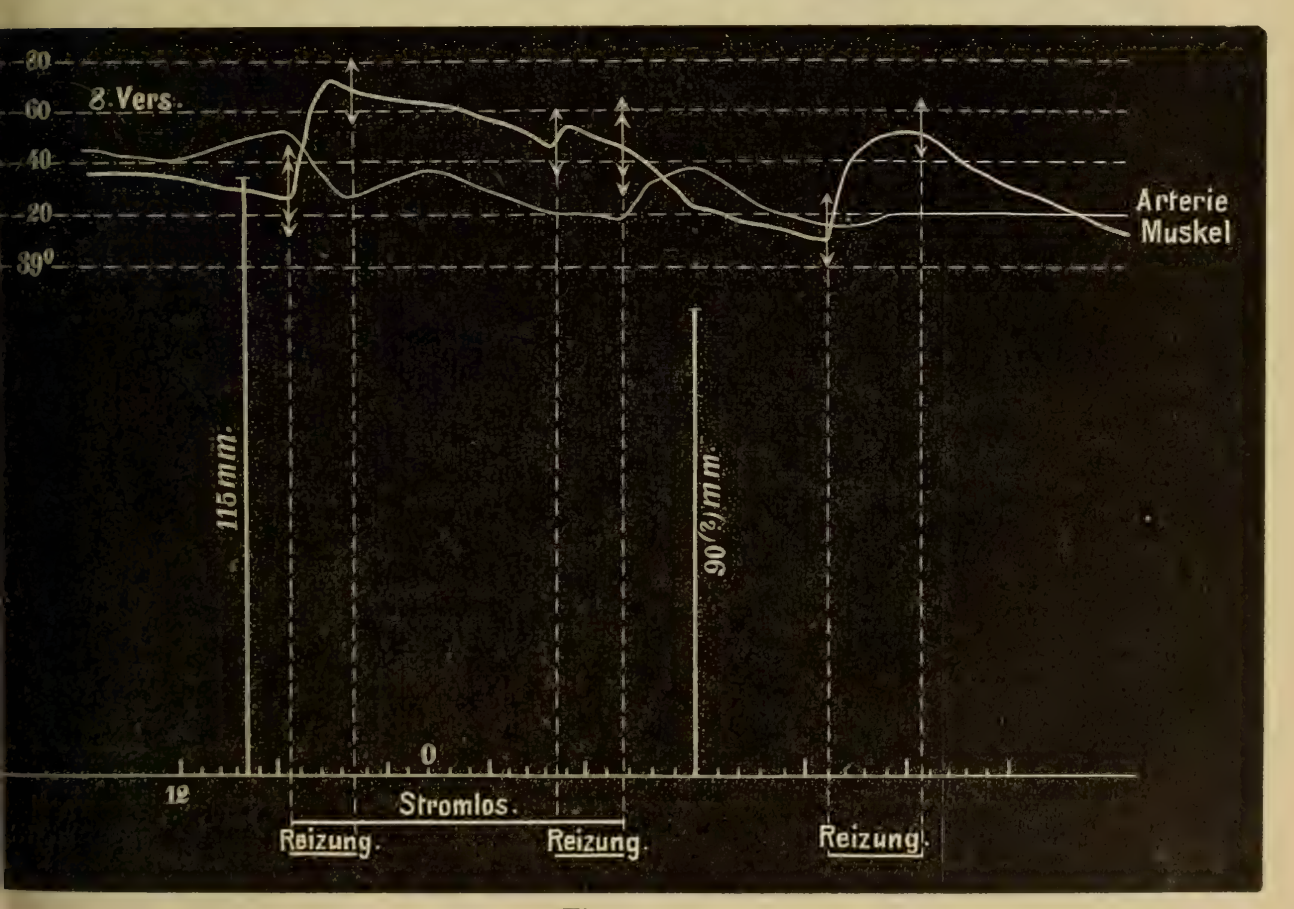


Fig. 4.

II.

Tetanus 1. Von 7 Minuten Dauer. Vor seinem Beginn 10 Minuten Ruhe, während dieser und während des Tetanus 1 ist der Blutstrom offen. Anfangstemperatur 39·44° C. Maxim. Zuwachs 1·04° C.
Eigentemperatur + 1·00° C.

Tetanus 2. Von 5 Minuten Dauer. Unmittelbar nach dem Ende des Tetanus 1 wird die Aorta gesperrt und geschlossen gehalten, während einer Muskelruhe von 15 Minuten[1] und der Dauer des Tetanus 2.

Anfangstemperatur 39·97° C. Maximaler Zuwachs 0·23° C.

Tetanus 3. Von 5 Minuten Dauer. Unmittelbar nach dem Ende von Tetanus 2 wird die Aorta geöffnet und offen erhalten, während einer Muskelruhe von 15 Minuten und der Dauer des Tetanus 3.

Anfangstemperatur 39·48° C. Maxim. Zuwachs 0·74° C.
Eigentemperatur + 0·75° C.

Tetanus 4.[2] Von 6 Minuten Dauer. Unmittelbar nach dem Ende von Tetanus 3 wird die Aorta gesperrt und geschlossen gehalten, während einer Muskelruhe von 20 Minuten und der Dauer des Tetanus 4.

Anfangstemperatur 39·87° C. Maxim. Zuwachs 0·34° C.

Tetanus 5. Von 9 Minuten Dauer. Unmittelbar nach dem Ende des Tetanus 4 wird die Aorta geöffnet und offen erhalten, während einer Muskelruhe von 20 Minuten und der Dauer des Tetanus 5.

Anfangstemperatur 39·33° C. Maxim. Zuwachs 0·85° C.
Eigentemperatur + 0·96° C.

III.

Tetanus 1. Von 5 Minten Dauer. Offene Aorta während der vorausgegangenen 10 Minuten Muskelruhe und des Tetanus 1.

Anfangstemperatur 38·35° C. Maxim. Zuwachs 0·30° C.
Eigentemperatur + 0·60° C.

Tetanus 2. Von 5 Minuten Dauer. Nach Ende des Tetanus 1 wird die Aorta sogleich gesperrt und geschlossen erhalten, während 10 Minuten Muskelruhe und des Tetanus 2.

Anfangstemperatur 38·71° C. Maxim. Zuwachs 0·10° C.

---

[1] Während der langen Dauer der Verstopfung hielt der Aortenverschluss nicht vollkommen dicht, sodass zeitweise der Druck in der A. cruralis auf 10 ^{mm} Hg. stieg.

[2] Statt des bisher immer gleichen untermaximalen wird von nun an ein maximaler Reiz angewendet.

Tetanus 3. Von 5 Minuten Dauer. Unmittelbar nach dem Ende des Tetanus 2 wird die Aorta geöffnet und offen erhalten, während 10 Minuten Muskelruhe und der Dauer des Tetanus 3.

Anfangstemperatur 38·22° C. Maxim. Zuwachs 0·26° C.
Eigentemperatur + 0·53° C.

Wir sehen in einem ruhenden Muskel, welcher der Blutströmung entbehrte, kann sich die ermüdete Fähigkeit zur Wärmebildung wieder erholen, aber in einem weit minderen Grade, als wäre er vom arteriellen Blute benetzt gewesen. Der stromlos ausgeruhte Muskel lässt namentlich das rasche und hohe Ansteigen der Temperatur im Beginn des Tetanus vermissen. So beweist das Uebergewicht des durchströmten, ausgeruhten und stromlos gereizten Muskels über den, welcher in beiden Zeiten des Arterienblutes entbehrte, dass das letztere an der Herstellung der zur Wärmeerzeugung nöthigen Bedingungen bedeutend betheiligt ist. Wäre also die Summe der entstehenden Wärme an den Vorrath eines eigenartigen Brennstoffs geknüpft, so würde ihn der vom arteriellen Blut entblösste Muskel zwar ebenfalls, aber nur in geringerer Menge herbeischaffen können.

Wenn der ermüdete Muskel in einer stromlosen Periode die Wärme bildenden Fähigkeiten nur in geringerem Maasse wieder gewinnt, und andererseits der während der Reizung vom Arterienblut durchflossene aber mehr Wärme als der stromlose liefert, so muss es gelingen, den gewöhnlichen Verlauf der Temperaturcurve während eines Tetanus wesentlich zu ändern. Gesetzt ein ermüdeter Muskel habe während der Verstopfung der Aorta geruht, und es werde dann, gleichzeitig mit einer Reizung des Nerven, die Wiedereröffnung der Aortenlichtung vorgenommen, so muss, wenn unsere Vermuthung das Rechte trifft, die Temperatur mit dem Beginn des Tetanus wenig, dafür aber bei der Fortdauer der Erregung anhaltend steigen; zur Prüfung der Voraussetzung habe ich einen Versuch mit dem nachfolgend verzeichneten Ergebniss angestellt.

Die Thermometer wurden nach je 30 Secunden abgelesen.

Tetanus 1. Der Muskel war vor und während der Reizung vom Blute durchströmt.

Temperatur 37·94° C.	38·17	·26	·35	·45	·54	·61	·67	·71	·73	·76	·77
Zugewachsen in 30″	23	9	9	10	9	7	6	4	2	3	1

Summe = 0·82

Die Eigentemperatur steigt von — 0·01 auf 0·80° C.

Tetanus 2. Der ermüdete Muskel war während einer auf Tetanus 1 folgenden Ruhe von 15 Minuten stromlos. Mit dem Beginn des Tetanus 2 wurde die Aortenlichtung eröffnet.

Temperatur	38·17° C.	·16	·16	·19	·21	·24	·27	·31	·37	·42	·49
Zugewachsen in 30″		—1	0	+3	+4	3	3	4	6	5	7
Temperatur	·53	·58	·61	·63	·63	·63					
Zugewachsen	4	5	3	2	0	0		Summe = 0·47° C.			

Die Eigentemperatur steigt von 0·17° C. auf 0·70° C.

Tetanus 3. Der Muskel war während einer Ruhe von 15 Minuten und während der Reizung durchströmt.

Temperatur	38·08° C.	·18	·28	·38	·46	·51	·54	·58	·59	·60	·60
Zugewachsen in 30″		10	10	10	8	5	3	4	1	0	0

Summe = 0·51° C.

Die Eigentemperatur steigt von 0·13 auf 0.54° C.

Um den Unterschied des Ansteigens zu verdeutlichen wurde aus den Zahlen des Tetanus 1 und 2 die Fig. 5 construirt. Die untere Curve giebt den Verlauf der arteriellen, die obere den der Muskeltemperatur.

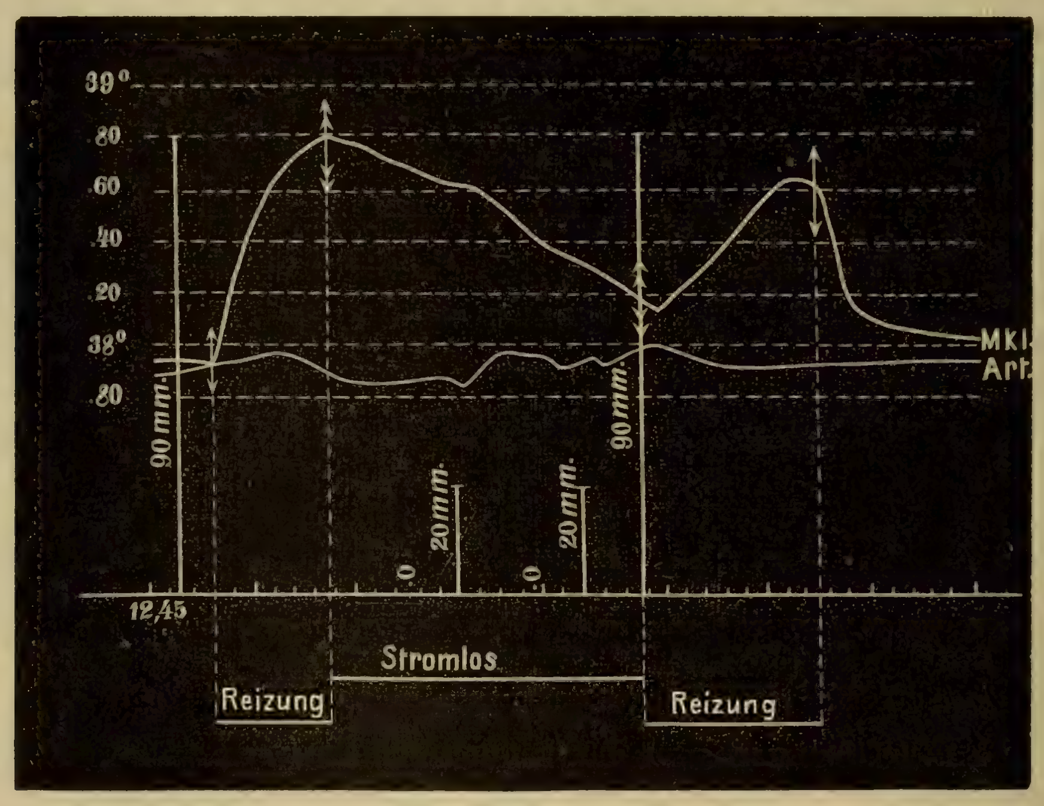


Fig. 5.

Wenn der Versuch bei seiner Wiederholung gleiche Ergebnisse liefert so würden wir durch ihn Aufschluss über die Geschwindigkeit erlangen, mit welcher das arterielle Blut in die Wärme bildende Befähigung eingreift.

Ein Rückblick auf die gewonnenen Erfahrungen lehrt, dass an der Entstehung der Wärme gebenden Stoffe in dem ruhenden Muskel und an

ihrer Zersetzung im erregten das arterielle Blut einen zu grossen Antheil nimmt, als dass er sich vernachlässigen liesse. Selbst wenn, was doch noch dahinsteht, der Unterschied des chemischen Processes im stromlosen und durchströmten Muskel nur ein quantitativer wäre, so würde man, wollte man sich auf die Beobachtung des ersten beschränken, den Tadel zu gewärtigen haben, der den Chemiker treffen würde, welcher den Stoffwechsel eines Thieres dadurch erschöpfend dargestellt zu haben glaubte, dass er seine Untersuchungen nur in den Zeiten des Hungers ausführte.

Möglicher Weise wird es der Zukunft gelingen, die Stoffe, welche in den Wärme liefernden Vorgang ein und aus ihm hervorgehen, zu ermitteln. Aber wäre auch diese schwerste und letzte Aufgabe der Muskelchemie gelöst, so würde die Messung der Temperatur während der Erregung damit noch nicht überflüssig geworden sein. In der Ausdauer, mit welcher der von arteriellem Blut benetzte Muskel arbeitet und in dem eigenthümlichen Gang der Wärmebildung vom Beginn der Reizung bis zur hochgradigen Ermüdung, ist ein unersetzliches und feines Mittel gegeben, um über den Verlauf der Zersetzung Aufschluss zu erhalten.

Und endlich, wie sollte man über den Antheil urtheilen können, welchen der ruhende und erregte Muskel am Gesammthaushalt der Wärme nimmt, wenn man sich nicht an die Untersuchung des vom arteriellen Blute durchströmten wenden wollte. Was der durchströmte im Gegensatz zum stromlosen Muskel in dieser Beziehung leistet, ist schon für sich alllein genügend, die Ausführung ähnlicher Beobachtungen, wie die meinen, als eine unumgängliche erscheinen zu lassen.

Ueber die Beziehungen zwischen Hub- und Wärmebildung im tetanischen Muskel.

Die Aufgabe, welche sich ein Vergleich zwischen den beiden augenfälligsten Aeusserungen des tetanisch erregten Muskels zu stecken hat, wird sich auf die Beantwortung der Frage beschränken müssen, ob unter gleichen Bedingungen der Erregung und des Blutstroms sich die Wärme bez. die Temperatur und die Umgestaltung nach derselben Richtung ändern; denn auf den Tetanus, der keine Arbeit liefert sind die scharfsinnigen Betrachtungen und deren weittragende Folgerungen nicht anwendbar, welche Ad. Fick bei Gelegenheit seiner Untersuchungen über Zuckungen angestellt und gezogen hat.

Zweckmässig, weil die Darstellung abkürzend, dürfte der Anstellung des Vergleichs die Schilderung des Einflusses vorauszuschicken sein, welchen der Blutstrom auf den Verlauf der tetanischen Verkürzung übt.

Geht die Absperrung des Aortenstromes der Erregung des ausgeruhten

Nerven und Muskels nur um wenig Minuten voraus, oder beginnen beide gleichzeitig, so treibt der maximale Reiz den Hub ebenso hoch empor, wie am durchströmten Muskel. Aber in der Energie des Hubes, die in beiden Zuständen anfangs gleich gross erschien, treten sogleich Unterschiede ein bei der Fortdauer der Erregung. In meist steilem Abfall strebt der stromlose Muskel aus der höchsten Verkürzung der Ruhelage zu, sodass er oft schon nach 1 bis 2 Minuten wieder auf dem Punkt angekommen ist, von dem er seine Zusammenziehung begann. Weit allmählicher ermüdet die verkürzende Kraft des vom arteriellen Blut gespeisten Muskels. Deutlicher als durch Worte werden Zahlen den Unterschied der Nachhaltigkeit beider Zustände beleuchten.

a) Tetanus 1. Muskel stromlos. Hub im Beginn der Reizung = 140 mm
Hub nach der Dauer des Tetanus von 1 Min. = 11 mm wie 100:7
„ 2. Muskel durchströmt. Hub im Beginn der Reizung 140 mm
Hub nach der Dauer des Tetanus von 7 Min. = 121 mm wie 100:86
b) „ 1. Muskel stromlos. Hub im Beginn der Reizung = 145 mm
Hub nach der Dauer des Tetanus von 5 Min. = 55 mm wie 100:38
„ 2. Muskel durchströmt. Hub im Beginn der Reizung = 140 mm
Hub nach der Dauer des Tetanus von 5 Min. = 106 mm wie 100:75
c) „ 1. Muskel durchströmt. Hub im Beginn der Reizung = 125 mm
Hub nach der Dauer des Tetanus von 3 Min. = 105 mm wie 100:84
„ 2. Muskel stromlos. Hub im Beginn der Reizung = 110 mm
Hub nach der Dauer des Tetanus von 1 Min. = 0 mm wie 100:0

Nicht minder auffällig begünstigt der Blutstrom die Verkürzbarkeit des Muskels, wenn während einer dauernden Reizung die Aorta anfangs geschlossen und später eröffnet wird. War der Muskel nicht schon vorher zur Ausführung einer grösseren Zahl von Tetani gezwungen worden und war die Aorta nach dem Beginn der Reizung nicht länger als einige Minuten hindurch gesperrt geblieben, so steigt nach der Wiederkehr des Blutstromes der bedeutend abgesunkene Hub rasch empor, niemals jedoch auf die im Anfang der Reizung erlangte Höhe.

War dagegen der Muskel schon früher mehrmals tetanisirt gewesen und der Blutstrom nach Beginn der Reizung eine grössere Zahl von Minuten hindurch unterbrochen geblieben, so wächst die Verkürzung nach der Eröffnung der Aortenlichtung langsamer empor, anscheinend als ob sich der schwerer geschädigte und noch fortwährend gereizte Muskel unter Vermittelung des fliessenden Blutes nur allmählich wieder erhole.

Endlich aber, wenn der Versuch in der eben beschriebenen Anordnung auf einen durch längere und wiederholte Reizungen sehr ermüdeten Muskel angewendet wird, gelangt das getragene Gewicht nach der Wiederkehr des Blutstroms nicht mehr über den am Ende der Absperrung eingenommenen

Stand. Jetzt macht sich die Anwesenheit des Blutstroms nur dadurch geltend, dass die Dehnung des Muskels langsamer als im stromlosen Zustand fortschreitet.

Vergleichen wir nun zunächst die beiden Aeusserungen der Erregung am stromlosen Muskel, so gewahren wir, dass sich im Verlaufe der Reizung Gestalt und Wärmebildung in gleichem Sinne ändern. Mit dem Beginn der Reizung ändert sich fast plötzlich die Form des Muskels und gleichzeitig gewinnt die schon in der Ruhe bestandene schwache Wärmebildung einen starken Aufschwung. Allerdings bleibt hinter der Geschwindigkeit, mit welcher sich der Muskel verkürzt, das Ansteigen des Thermometers zurück, woraus jedoch auf ein langsameres Entstehen der Wärme zu schliessen keineswegs nothwendig wird, weil sich dasselbe wegen der trägen Wärmeleitung der Muskelmassen und des Glases auch dann zeigen würde, wenn momentan eine bedeutende Erhöhung der Temperatur stattgefunden hätte. Bei weiterer Fortdauer der Reizung lässt die Verkürzung des Muskels in den späteren Minuten nach, ein Gleiches gilt für den sichtbaren Zuwachs der Temperatur in der Zeiteinheit.

Aus 20 Beobachtungen, welche an 8 verschiedenen Hunden angestellt wurden, gebe ich die folgenden Beispiele, die insofern als Grenzfälle anzusehen sind, als in dem ersten die Ermüdung langsamer, in dem zweiten dagegen sehr rasch fortschritt.

In der obersten der je zu einem Versuch gehörigen Reihen finden sich die Hubhöhen in Millimetern. Die zuerst stehende giebt den maximalen Hub im Beginn des Reizes, die folgenden, wie hoch sich das Gewicht über die Ruhelage nach Verfluss von je 30 Secunden hielt. — In der zweiten Reihe verzeichnet die erste Zahl den Temperaturgrad des Muskels vor der ersten Secunde der Reizung, die folgenden um wieviel Hundertel eines Grades die Temperatur nach Verfluss von je 30 Secunden angewachsen war.

Versuch I.

Hub	145		75	65	65	65	65	55	55	52	52	52	52 mm
Temperaturzuwachs	34·59° C.	14	5	4	4	6	2	3	4	2	3	2	3

Versuch II.

Hub	141	136	121	51	6	6 mm
Temperaturzuwachs	39·25° C.	22	14	2	0	0

Die Befähigungen des erregten Muskels, sich zu erwärmen und zu contrahiren, stimmen auch insofern überein, als beide, wenn sie scheinbar in Folge einer schwächeren Reizung erschöpft sind, einen neuen Aufschwung nehmen, sowie der untermaximale durch einen neuen Reiz abgelöst wird.

Für dieses Verhalten bieten die folgenden Zahlen und Figuren ein Beispiel. Die beiden Versuche, welchen sie entnommen wurden, sind an demselben Muskel ausgeführt, während er das eine Mal vom Blutstrom abgesperrt, das anderemal von ihm durchsetzt wurde. Aus der Gegenüberstellung wird die Steigerung ersichtlich, welche die Energien des Muskels durch den Zufluss des Blutes erfahren.

Tetanus 1. Der ausgeruhte Muskel erhält kein arterielles Blut.

	Untermaximaler Reiz.	Maximaler Reiz.
Hub	40 10 0 0	75 55 mm
Temperatur	39·87° C. 87 92 95 97 ? 98 ? 98 97	40·16 40·21° C.

Tetanus 2. Der ausgeruhte Muskel wird vom arteriellen Blut durchströmt.

	Untermaximaler Reiz.	Maximaler Reiz.
Hub	55 53 47 44 37 30	89 84 mm
Temperatur	39·33° C. 40 47 54 60 65 69 72 74 77 79 80 82	40·08 22 30 30° C.

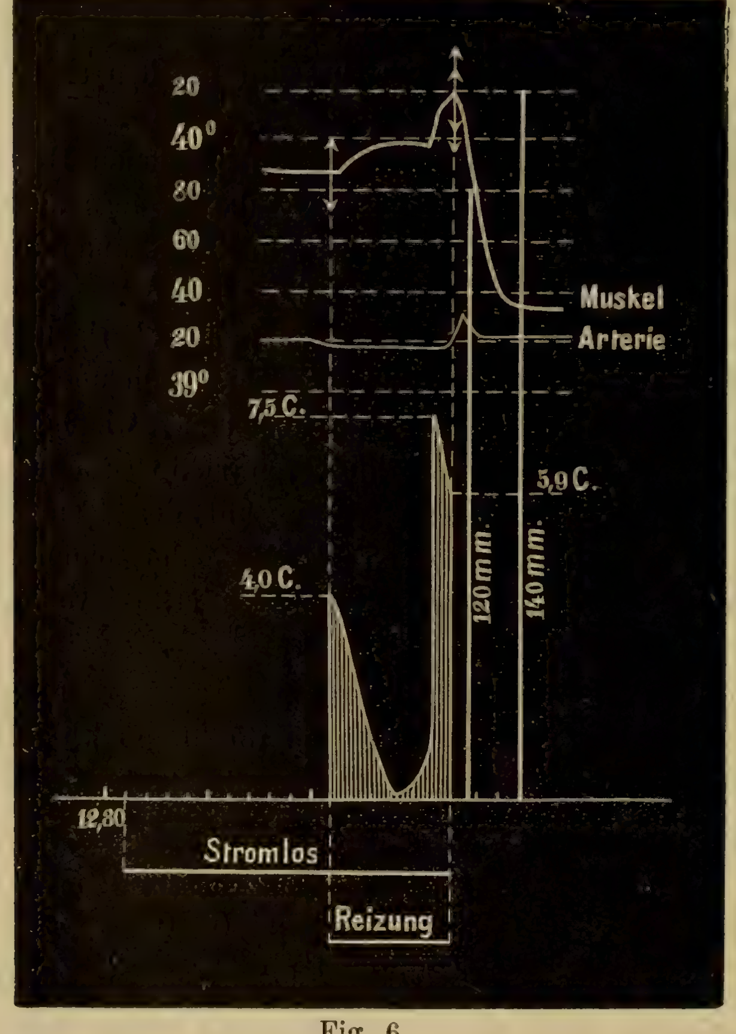


Fig. 6.

Nach den Zahlen von Tetanus 1 ist Fig. 6, nach denen des Tetanus 2 ist Fig. 7 (s. folgende Seite) dargestellt. Die gradlinig schraffirten Theile der

Figuren entsprechen dem Verlaufe des Hubes. Die fein ausgezogene Curve verläuft entsprechend der arteriellen, die stark ausgezogene der Muskeltemperatur.

Wie stellt sich nun in dem vom arteriellen Blute durchströmten Muskel das Verhältniss der Kräfte, die auf den Hub und die Wärmebildung verwendet sind? Aehnlich wie im stromlosen begleitet auch im durchströmten Zustand die Bildung von Wärme die Contraction, so dass beide gleichzeitig anheben und erlöschen; aber aus der qualitativen Uebereinstimmung wird man noch nicht auf eine quantitative schliessen, nicht annehmen wollen, dass das Verhältniss zwischen den zur Wärmebildung und den zur Umformung aufgewendeten Kräften in dem stromlosen gleich dem im durchströmten Muskel sei. Zu der Annahme, dass sich mit dem Hinzutritt des arteriellen Blutes das Verhältniss zwischen Wärme- und Hubkraft ändere, werden wir noch besonders veranlasst durch die sorgfältigen Beobachtungen Heidenhain's, wonach in Folge ausgeführter Arbeiten die Wärmebildung mehr als der Hub ermüdet.

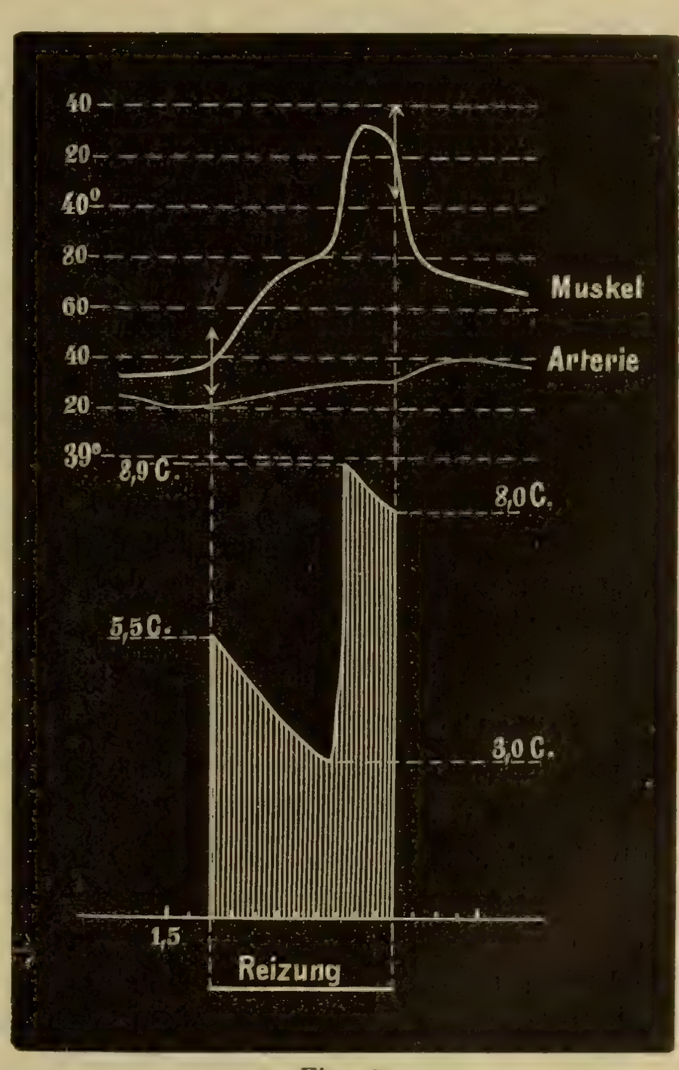


Fig. 7.

Im umgekehrten Sinne wie die ermüdende Arbeit würde doch der erfrischende Blutstrom wirken. An die Beantwortung der eben aufgeworfenen Frage knüpfen sich wichtige Folgerungen für den im Innern des erregten Muskels ablaufenden Vorgang. Kann der Muskel bei gleicher Arbeit eine ungleich grosse Wärmemenge erzeugen, besteht also zwischen beiden Erscheinungen ein nur bedingter Zusammenhang, so lässt sich dieses, soweit ich sehe, nur auf zweierlei Art erklären, entweder durch eine Aenderung der relativ trägen Massen des Muskels, oder dadurch, dass der Reiz zwei verschiedene Arten von Umsetzung einleitet, deren eine der Form-

änderung, die andere aber der Wärmebildung zu Gute kommt. Gehen wir mit wenigen Worten auf die Bedeutung der beiden Unterstellungen ein.

Wie alle übrigen Motoren muss auch der Muskel träge, Kraft übertragende Stücke besitzen, an welchen die in ihm entwickelten Kräfte ihren Angriffspunkt finden. Ist innerhalb der Bedingungen des Lebens eine Aenderung ihrer Kraft aufnehmenden oder übertragenden Befähigung möglich, so lässt sich auch erwarten, dass trotz einer verminderten Herstellung von freier Energie die vom Muskel geübte Arbeit gleich bleiben, ja anwachsen kann, wie es nach der Beobachtung von Heidenhain in der Ermüdung geschah.

Die zweite Unterstellung, dass in dem erregten Muskel zwei chemische Umsetzungen gleichzeitig vom Reize eingeleitet, dann aber unabhängig von einander weiter schreiten sollen, hat etwas Befremdendes, aber sie ist doch nicht widersinnig. Für sie lassen sich sogar die Thatsachen in's Feld führen, dass der Muskel, ohne eine nachweisbare Wärmemenge zu erzeugen, in dem zusammengezogenen Zustand — in der sog. Contractur — verharren, und dass andernfalls auch der ruhende, vom arteriellen Blute abgesperrte Muskel seine Temperatur erhöhen kann.

Ohne allzutiefe Eingriffe in die Reizbarkeit erlaubt die Verwendung des lebendigen Thieres ausser der Erholung durch die Ruhe und der Ermüdung durch die Arbeit auch noch beides mit und ohne die Beihülfe des arteriellen Blutes zu bewirken, sodass aus der Vermehrung der Abänderungen des Versuchs die Hoffnung erwächst die zwischen der Wärmebildung und der Umformung bestehenden Abhängigkeiten vielseitiger zu beleuchten. In vollem Maasse würden die gefundenen Thatsachen jedoch erst dann fruchtbar werden, wenn ihre Deutung auf einer unangreifbaren Grundlage geschehen könnte.

Zu dem beabsichtigten Vergleiche wähle ich zuerst je zwei maximale Erregungen, des unter Zutritt des Blutes ausgeruhten Muskels von einer Minute Dauer, die erste bei verstopfter, die zweite bei offener Aorta eingeleitet. Da wir wissen, dass der durchströmte Muskel in der Befähigung Wärme zu bilden und in der Nachhaltigkeit der Zusammenziehung dem stromlosen überlegen ist, so bleibt nur noch zu entscheiden, in welchem Verhältniss unter dem Zufluss des Blutes Hub und Wärme gewachsen sind. — Weil die Menge der entstandenen Wärme im durchströmten Muskel, wegen ihrer theilweisen Wegführung durch das Blut, unbekannt bleibt, so können nur die in gleicher Zeit eingetretenen Erhöhungen der Temperatur miteinander verglichen werden, und weil sich der Umfang der Zusammenziehung in beiden Zuständen nicht zwischen denselben Anfangs- und Endwerthen bewegt, so kann nur je das Mittel aus ihnen zur Vergleichung benutzt werden, wogegen bei den mässigen Abweichungen der hier in Betracht kommenden Grenzwerthe sich keine Einwendung erheben lässt. — In den nachfolgend mitgetheilten Beobachtungen betrug die Erregungsdauer jedes

Mal 1 Minute, die Reizung des vom Blut abgesperrten Muskels wurde stets früher als die des durchströmten ausgeführt. Die Temperatur des Muskels lag immer über der des Blutes.

Thier I. 1. Strom gesperrt. — Am Ende der Minute war die Temperatur um 0·36° C. gewachsen.

Hub am Beginn der Minute 140 mm. Am Ende derselben 121 mm. Mittel 131 mm.

2. Strom offen. Am Ende der Minute war die Temperatur um 0·41° C. gewachsen.

Hub am Beginn der Minute 141 mm. Am Ende derselben 130 mm. Mittel 135 mm.

Verhältniss der Temperatur des stromlosen zum durchströmten Muskel = 1:1·14.

Verhältniss des Hubes des stromlosen zum durchströmten Muskel = 1:1·03.

3. Strom gesperrt. Zuwachs der Temperatur 0·28° C.
Hub von 138 auf 105 mm. Mittel 121 mm.

4. Strom offen. Zuwachs der Temperatur 0·35° C.
Hub von 134 auf 111 mm. Mittel 122 mm.

Verhältniss der Temperatur des stromlosen zum durchströmten Muskel = 1:1·25.

Verhältniss des Hubes des stromlosen zum durchströmten Muskel = 1:1·00.

Thier II. 1. Strom gesperrt. Zuwachs an Temperatur 0·30° C.
Hub von 70 auf 30 mm. Mittel 50 mm.

2. Strom offen. Zuwachs an Temperatur 0·46° C.
Hub von 59 auf 61 mm. Mittel 60 mm.

Verhältniss der Temperatur des stromlosen zum durchströmten Muskel = 1:1·53.

Verhältniss des Hubes des stromlosen zum durchströmten Muskel = 1:1·20.

Thier III. 1. Strom gesperrt. Zuwachs der Temperatur 0·29° C.
Hub von 86 auf 55 mm. Mittel 70·5 mm.

2. Strom offen. Zuwachs der Temperatur 0·37° C.
Hub von 85 auf 82 mm. Mittel 83.5 mm.

Verhältniss der Temperatur des stromlosen zum durchströmten Muskel = 1:1·27.

Verhältniss des Hubes des stromlosen zum durchströmten Muskel = 1:1·18.

Könnte man statt des Quotienten aus den zugewachsenen Temperaturen den der Wärmemenge einführen, so würde das Uebergewicht der Wärmebildung innerhalb des durchströmten Muskels jedenfalls noch stärker hervortreten, da, wie meine früheren Beobachtungen lehren, das in der ersten Minute der Erregung aus dem Muskel wegfliessende Venenblut schon merklich wärmer als das in ihn einströmende war. Doch auch trotz der ungünstigen Berechnung sieht man, dass der ausgeruhte, vom Blute benetzte Muskel an Wärme bildender Energie mehr als ein contrahirender

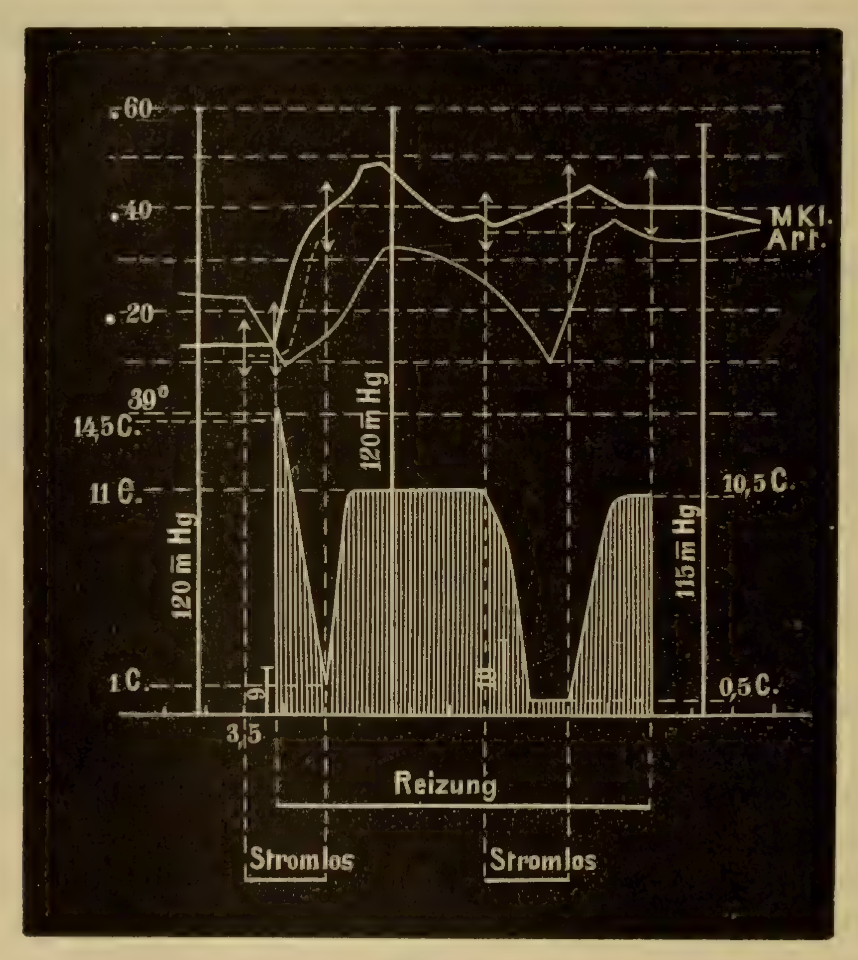


Fig. 8.

gewann. Sicherlich, die vorgelegten Beobachtungen beweisen noch nicht die Behauptung, dass aus dem in der Ruhe aufgespeicherten Vorrath bei der Erregung des vom arteriellen Blut durchflossenen Muskels mehr Wärme gebildet wurde, als bei gleichem Grade der Verkürzung im stromlosen ent-

steht, aber sie verdienten doch darum der Erwähnung, weil sie zu neuen Versuchen auffordern.

Das Verhältniss zwischen Wärme und Hub stellt sich dagegen in der Regel umgekehrt heraus, wenn statt des ausgeruhten der durch Arbeit und Entbehrung des Blutstroms ermüdete Muskel unter dem Wiederzutritt des Blutes erregt wird. — Namentlich wenn die Ermüdung der Wärmekraft bei dauernd fortgesetzter Erregung unter dem Wechsel der Zuführung und Abhaltung des Blutstroms weit fortgeschritten ist, bedingt die Wiederkehr des arteriellen Blutes oft ein mächtiges Ansteigen des tiefgesunkenen Hubes und ein nur geringes der Temperatur. Um Anordnung und Ergebniss des Versuchs besser, als es die alleinige Anführung der Zahlen vermag, zu veranschaulichen, schicke ich den letzteren die Fig. 8 voraus (s. vorige Seite).

Die fett ausgezogene Linie zeigt den Verlauf der Muskel, die schwach ausgezogene den der Bluttemperatur. Die gradlinig schraffirten Abschnitte der Figur entsprechen den Hubhöhen des Muskels. Die von der Nulllinie des Hubes senkrecht aufsteigenden fett ausgezogenen Geraden messen den Blutdruck in der A. cruralis. Unter dem Argument des Hubes ist angegeben, wenn der Blutstrom gesperrt und wenn er zugelassen war, und wie lange die Reizung andauerte. Während der Minuten, in welchen der Muskel gereizt wurde, ist anfänglich der Blutstrom abgesperrt, dann zugelassen, darauf wieder abgesperrt und endlich wieder zugelassen worden.

Die Fig. 8 ist nach den folgenden Zahlen entworfen.

a) Blutstrom gesperrt.

Temperatur des Blutes	39·14° C.	·37	·40
Hub	141	86	11 mm

b) Blutstrom im Gange.

Temperatur des Blutes	39·12° C	?	·29	·32	·31	·30	·28
Temperatur des Muskels	39·43° C.	·48	·48	·44	·40	·37	·37
Hub	106	109	109	110	110	110 mm	

c) Blutstrom gesperrt.

Temperatur des Muskels	39·37° C.	·36	·39	·41	·43
Hub		81	9	8	9 mm

d) Blutstrom im Gange.

Temperatur des Blutes	39·34° C.	·39	·37	·35
Temperatur des Muskels	39·44° C.	·43	·40	·40
Hub	9	96	106 mm

Und darauf nach Unterbrechung des Reizes

	von 0 bis 1 Minute,	von 1 bis 3 Minuten.
Temperatur des Blutes	39·40° C.	39·37° C.
Temperatur des Muskels	39·34° C.	39·35° C.

In der zweiten Versuchsperiode (b) sank die Eigentemperatur des Muskels während 3·5 Minuten von 0.31 auf 0·09° C., der Hub stieg von 11 auf 110 mm empor; in der vierten Versuchsreihe (d) kam die Eigentemperatur des Muskels während 2 Minuten von 0·10 auf 0·05 herab, indess sich der Hub von 9 auf 106 mm steigerte.

In der Periode b sank die Eigentemperatur im Mittel zur Minute um 0·06° C. und in d um 0·025° C. Nach dem Aufhören der Reizung aber um 0·03° C., mithin nur einen gleichen Betrag wie in der letzten Periode der Reizung.

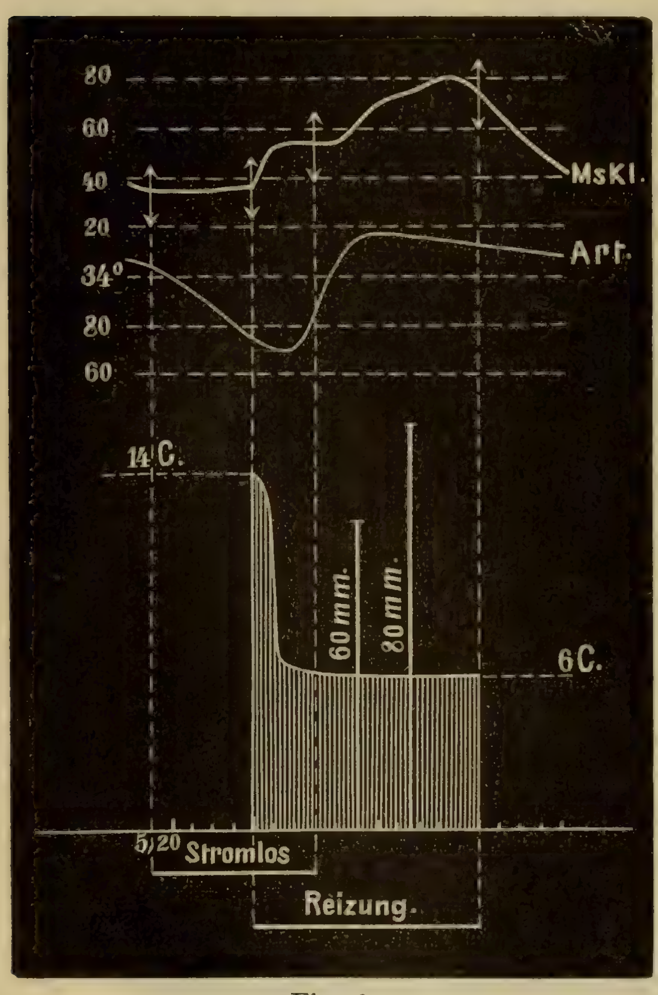


Fig. 9.

Das Vorkommen, zu welchem die eben mitgetheilte Beobachtung gehört, dürfte den von Heidenhain am ausgeschnittenen Froschmuskel aufgefundenen entsprechen. Unter ähnlichen Bedingungen bin ich ihm in der Regel, jedoch nicht immer begegnet. Unter den Abweichungen, bietet sich als ein auffallendes Beispiel, das in Fig. 9 dargestellte. Ehe die Erregung, deren Aeusserungen der Holzschnitt wiedergiebt, eintrat, war der Muskel schon stark in Anspruch genommen gewesen. — Vor der letzten hier in Betracht kommenden Reizung hatte der Muskel 10 Minuten hindurch unter Hinzutritt des arteriellen Blutes und 5 Minuten mit Absperrung desselben geruht. Dann war er 11 Minuten hindurch tetanisirt worden; während der drei ersten Minuten der Reizung wurde die Aorta noch verstopft, nachher aber bis zum Ende des Tetanus offen gelassen.

Im ersten Abschnitt stimmen die Erscheinungen mit den schon wiederholt in dieser Abhandlung beschriebenen. Als dagegen die Arterienbahn eröffnet war, stieg der Hub nicht wieder an, wohl aber wuchs die Temperatur nach einer Zögerung während der ersten Minute 6 Minuten lang

allmählich um 0·23° C. empor; etwa eben so viel, als sie im Beginn der Reizung (0·21° C.) gewachsen war.

Den Bericht über die angestellten Versuche schliesse ich mit dem Bedauern, dass es mir nicht vergönnt war, die Arbeit weiter zu führen, zugleich mit der Hoffnung, dass Andere den abgebrochenen Faden aufnehmen und mit verbesserten Methoden unter vervielfältigter Abänderung der Bedingungen das Gebiet nach allen Richtungen hin durchsuchen werden, in welches ich nur einen Streifzug unternommen habe. Der Einsicht in die Beziehungen des Blutes zum inneren Leben des Muskels und der Abhängigkeit der Gesammtwärme des Organismus von der Umsetzung während der Erregung würde daraus gewiss eine Förderung erwachsen.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1883—84.

IX. Sitzung am 15. Februar 1884.[1]

Hr. BENDA demonstrirt eine Reihe von Praeparaten über das Vorkommen des Koch'schen Bacillus in den Nieren und die von demselben hier erzeugten Erkrankungen.

Das erste der Praeparate zeigt das Vorkommen von Bacillen in dem, wahrscheinlich thrombotischen Inhalt einer kleineren, makroskopisch noch nicht sichtbaren Vene. Da das Praeparat einem Falle von Nephrophthise, zu der sich später Miliartuberculose gesellte, entstammt, so bildet dasselbe einen wichtigen Beleg für die von Weigert schon vor der Entdeckung des Tuberkelbacillus constatirte Möglichkeit eines Eindringens von tuberculösem Gift in den Kreislauf durch Venenthromben.

Eine Reihe weiterer Praeparate bezieht sich auf die Verfolgung einer der käsigen Pneumonie analogen bacillären Erkrankung der parenchymatösen Theile der Niere, die entsprechend der von Buhl für die käsige Pneumonie constatirten Thatsache hervorragend in Epitheldesquamation besteht. Sie zeigt eine Ausfüllung und Erweiterung der Harncanälchen durch eine bei frischer Erkrankung fast nur aus Epithelien bestehende Masse, die in älterem Stadium verkäst und schliesslich eine fast homogene, nur wenig schollige Structur erkennen lässt. Bacillen treten darin oft in colossaler Menge auf, in den ganz verkästen Massen besonders oft in geschlängelten (ausgewachsenen) Formen. Die Erkrankung findet sich überall, wo der Bacillus in die Harncanälchen eingedrungen ist, und in allen Abschnitten der Harncanälchen: in den Sammelröhren, den Henle'schen Schleifen, den gewundenen Canälchen und den Glomeruluskapseln; gleichviel auf welche Weise der Bacillus eingedrungen ist: bei dem Uebergreifen einer Nierenbeckentuberculose auf die Niere, wo der Process in den Sammelröhren beginnt, beim Uebergreifen rein interstitieller bacillärer Erkrankungen, wie dies namentlich an der sogenannten Grenzschicht der Niere constatirt werden kann, schliesslich in bemerkenswerther Weise in gewissen Fällen beim Eindringen des Bacillus

---

[1] Ausgegeben am 22. Februar 1884.

von einer Embolie einer Glomerulusschlinge aus. In letzterem Falle kann man die desquamative Entzündung des Kapselepithels in der Umgebung der embolisirten Arterienschlinge erkennen, während der andere Theil des Kapselepithels noch intact sein kann.

In den auf letztere Erkrankung bezüglichen Praeparaten findet sich eine den Glomerulus circulär oder semilunar umgebende Zellanhäufung, die so scharfe Begrenzung zeigt, dass man sie wohl für die Ausfüllung eines an der Aussenseite der Bowmann'schen Kapsel liegenden Lymphraumes halten muss.

X. Sitzung am 14. März 1884.[1]

1. Hr. Lucae hielt den angekündigten Vortrag: „Zur Lehre und Behandlung der subjectiven Gehörsempfindungen."

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine bestimmte Gruppe von sehr häufig bei Schwerhörigen, seltener bei Normalhörenden vorhandenen chronischen, nicht pulsirenden subjectiven Gehörsempfindungen, deren Ursachen noch völlig im Dunkeln liegen. Sie sind, um keinen Zweifel an der Reinheit der betreffenden Beobachtungen aufkommen zu lassen, wohl zu unterscheiden von denjenigen subjectiven Wahrnehmungen, welche auf mehr oder weniger leicht zu diagnosticirende Allgemeinerkrankungen oder Affectionen des Gehörorganes selbst beruhen. Zu den letzteren gehören in erster Linie die fast stets von klopfenden Gehörsempfindungen begleiteten acuten Entzündungen des äusseren und mittleren Ohres, welche hier nur insofern in Frage kommen, als nach ihrer völligen Heilung nicht selten die oben genannten subjectiven Erscheinungen zurückbleiben oder erst später auftreten. Hieran schliessen sich die fast ausnahmslos mit starken subjectiven Geräuschen und Klängen verbundenen Affectionen des Labyrinthes bez. des Acusticus. Ferner sind es die so häufigen mechanischen Verstopfungen der peripherischen Ohrtheile durch fremde oder pathologische Stoffe, welche bekanntermaassen den begleitenden subjectiven Empfindungen der verschiedensten Form zu Grunde liegen; weniger beachtet sind hier die durchaus nicht seltenen Fälle, wo die in der Regel leicht zu hebende Functionsstörung gar nicht mit subjectiven Gehörsempfindungen verbunden ist. Fassen wir zunächst den äusseren Gehörgang in's Auge, so kann es sogar vorkommen, dass erst nach Entfernung von verstopfenden Massen (Cerumen, Aspergillus) sehr belästigendes, continuirliches Rauschen, Zischen u. s. w. auftritt und lange Zeit bestehen bleibt. Was speciell die wirklichen (mit Hypersecretion einhergehenden) chronischen Mittelohrkatarrhe betrifft, so lehrt die tägliche Erfahrung, dass nach der fast immer durch sorgfältige örtliche Behandlung bewirkten Heilung die subjectiven Erscheinungen nicht immer schwinden. — Die bei weitem grössere Zahl der uns hier interessirenden subjectiven Gehörempfindungen findet sich in den meist mit progressiver Schwerhörigkeit einhergehenden chronischen Fällen, in denen in der Regel weder die Anamnese noch die objective

[1] Ausgegeben am 10. März 1884.

Untersuchung uns über den Sitz der Krankheit belehrt, das äussere und mittlere Ohr sich vollkommen frei und lufthaltig zeigt, und die Continuität des Trommelfelles vollkommen erhalten ist. Es handelt sich hier um das grosse Heer jener Schwerhörigen, die dem Otologen jeden Tag die meist schwer oder gar nicht zu beantwortende Frage vorlegen, ob eine Affection des schallzuleitenden Apparates, eine Affection des Labyrinths bez. des Acusticus, oder eine gleichzeitige Erkrankung dieser beiden Ohrtheile vorliegt.

Wie oben bereits erwähnt leiden auch vollkommen Normalhörende, welche sich in Bezug auf den objectiven Befund der letzteren Gruppe anreihen, an chronischen Gehörsempfindungen und bilden die letzteren andererseits einen Uebergang zu den, meist als hohes vorübergehendes Klingen auftretetenden Erscheinungen bei völlig gesunden Personen. Redner hat daher mehrere Jahre auf dieses „normale Ohrenklingen" seine Aufmerksamkeit gerichtet und durch Selbstbeobachtung festgestellt, dass dasselbe nach mehrfachen Beobachtungen an der Grenze (h^3) bez. innerhalb der viergestrichenen Octave (c^4, e^4) liegt, daher mit dem Eigenton des äusseren Ohrganges zusammenfällt. Er nimmt an, dass es sich hierbei um ein durch tonischen Krampf des Tensor tympani hervorgerufenes Selbsttönen der Luftsäule im äusseren Ohrgange handelt.[1]

Redner sieht vorläufig ganz ab von einem Versuche, eine Erklärung für die in Rede stehenden pathologischen subjectiven Klänge und Geräusche geben zu wollen und weist nur darauf hin, dass sämmtliche objectiv ausserhalb des Ohres vorkommenden, sowohl einfache als zusammengesetzte Klänge und Geräusche in der verschiedensten Intensität auch im Ohre subjectiv beobachtet werden.

Aus begreiflichen Gründen wird ferner auf eine eingehende Schilderung der unzähligen Abarten der pathologischen Gehörsempfindungen Verzicht geleistet; dagegen werden sowohl aus physiologisch als therapeutisch wichtigem Grunde zwei Gruppen derselben aufgestellt:

1) Solche, welche durch äusseren Schall an Intensität zunehmen,

2) Solche, welche durch äusseren Schall an Intensität abnehmen.

Da sowohl in der ersten Gruppe, als auch — in therapeutischer Hinsicht — in der zweiten Gruppe der auf äusseren Schall erfolgende Nachklang eine wichtige Rolle spielt, so muss zuvor dieser auch in der Norm sehr häufig vorkommenden, bisher sehr wenig berücksichtigen Erscheinung, die jedoch selbst älteren Schriftstellern wohl bekannt ist, mit einigen Worten gedacht werden. Man kann das Resultat der älteren und der eigenen Beobachtungen des Redners dahin zusammenfassen, dass fast jedes normale Ohr — zumal bei leichter Erregbarkeit der betreffenden Person — nach dauernder Einwirkung eines Klanges oder Geräusches, diesen Schalleindruck selbst oder eine dem äusseren Schall nicht adaequate subjective Empfindung einige Zeit, oft Tage lang, bei gleichzeitiger „Verschleierung" festhält. Aehnlich verhält es sich mit nur **kurze** Zeit anhaltenden sehr intensiven, namentlich sehr hohen Klängen und Geräuschen; doch scheint hierzu eine gewisse „Disposition" oder wenigstens der Umstand nöthig zu sein, dass das betreffende Ohr von dem plötzlich auftretenden Schall (Kanonendonner, Locomotiv-

---

[1] Das Nähere hierüber wird in der eingehenden Arbeit erscheinen. Vergl. inzwischen Lucae, Ueber die Resonanz der lufthaltigen Räume des Gehörorgans. *Diese Verhandlungen.* 2. März 1883. *In diesem Archiv*, 1883, S. 268.

pfiff, alle Arten von Detonationen, starke schrille musikalische Töne u. s. w.) in unmittelbarer Nähe der Schallquelle **überrascht** wird.

In den pathologischen Fällen hält die Nachempfindung bez. die durch den äusseren Schall hervorgerufene subjective Gehörsempfindung Wochen, Monate, ja selbst viele Jahre an, gleichzeitig unter starker Verminderung der Hörschärfe und mit sehr häufig — selbst bei Taubheit — einhergehenden Empfindlichkeit gegen gewisse Schallreize. Bereits anderweitig erkrankte Ohren scheinen am meisten hierzu disponirt zu sein. Zuweilen begegnet man jedoch auch hier Personen mit fast ganz gesunden Gehörorganen und normaler Hörschärfe. Andererseits kommen Fälle vor, wo die Ursache der bestehenden subjectiven Gehörsempfindungen dunkel ist, die letzteren jedoch nach jedesmaliger Einwirkung von äusserem Schall regelmässig zunehmen. Die Therapie hat hier selbstverständlich die nächste Aufgabe, die betreffenden Kranken (am häufigsten Personen, deren Stand das fortwährende Anhören von starken Geräuschen, Klängen und Detonationen mit sich bringt) vor jedem Schallreiz möglichst zu schützen. Hierzu genügt keineswegs das naive Verstopfen des Ohres mit Watte; es muss hierzu Wachs, gekautes Papier, Guttapercha oder ein ähnlicher luftdicht abschliessender Stoff gewählt werden. Vor Allem aber müssen die Kranken für längere Zeit ihren Beruf (Musiker!) entzogen werden und sich in einem möglichst stillen Orte aufhalten. Redner hat mit diesem seit vielen Jahren streng durchgeführten Heilverfahren, dem sich freilich die wenigsten Patienten fügen, in einer nicht geringen Anzahl sehr gute Resultate erzielt.

Weit grösser ist die Zahl derjenigen Ohrenkranken, deren subjective Gehörsempfindungen durch äusseren Schall, besonders durch den Lärm von grossen Städten, durch das Rasseln eines Wagens, in dem sich Patient befindet u. s. w. mehr oder weniger vollständig verdeckt werden. Dies sind die Fälle, welche vorzugsweise unsere Hülfe wegen der äusserst quälenden, zuweilen zum Selbstmord führenden subjectiven Gehörsempfindungen in Anspruch nehmen. Zu seinen therapeutischen, auf dem oben besprochenen Nachklang basirenden Versuchen hat Redner vorläufig nur solche Fälle dieser Kategorie ausgewählt, wo in einem und demselben Ohre nur eine subjective Gehörsempfindung ihren Sitz hatte, welche je nach ihrem Charakter und ihrer Höhe als hohes Geräusch (Zischen) oder hohes Tönen (Klingen, Pfeifen), in einer anderen Zahl von Fällen als tiefes Geräusch (Sausen, Summen) oder tiefes Tönen (Brummen, tiefes Glockenläuten) nach genauester Prüfung aufzufassen war.

Die eingeschlagene mit „Tonbehandlung“ zu bezeichnende Therapie fand in der Weise statt, dass das betreffende Ohr längere Zeit hindurch Stimmgabeltönen ausgesetzt wurde, welche in der Scala von dem subjectiven Tone oder Geräusche weit entfernt lagen; so zwar, dass ein hohes subjectives Zischen oder Klingen mit einem tiefen Tone (c, C_1), und ein tiefes subjectives Sausen oder Brummen mit einem hohen Tone (c^3, c^4) behandelt wurde. Es wurden zu diesem Zwecke theils einfache Stimmgabeln, theils solche mit Resonatoren, in einem unzweifelhaften Falle von Taubheit nach Mumps die auf c abgestimmte elektromagnetische Unterbrechungsgabel von Helmholtz angewendet. Die Dauer der Sitzungen betrug Anfangs 1 Minute mit allmählicher Steigerung auf 3 Minuten, in dem obigen Falle von Mumps sogar auf 5 Minuten. Der nächste Erfolg war ein allmähliches Schwinden bez. eine wesentliche Abnahme der subjectiven Gehörsempfindungen, welche Erscheinung auch noch längere Zeit nach dem Auslöschen des äusseren Tones anhielt, während letzterer einige Minuten bis mehrere Stunden

lang in dem Ohre als lauter Nachklang zurückblieb. Die überraschendste Thatsache war jedoch die, dass in einigen Fällen (auch in dem Falle von Taubheit nach Mumps) schon nach wenigen Sitzungen, zuweilen sogar bereits sofort nach einmaliger Behandlung, die stark herabgesetzte Hörweite für die Flüstersprache auf mehrere Meter zunahm, und dass diese Besserung der Function mehrere Monate lang anhielt, ja zuweilen von selbst weiter stieg, ohne dass eine regelmässige Wiederaufnahme der Tonbehandlung stattfand. Hiermit ging Hand in Hand eine wesentliche Abnahme der subjectiven Gehörsempfindungen, welche ausserdem fast regelmässig nach Einwirkung hoher Gabeln sich erhöhten, nach solcher von tiefen Gabeln sich vertieften.

Zur Erklärung der so auffallenden Gehörsverbesserung (in einem Falle von stark herabgesetzter Perception der hohen Töne mit tiefem subjectivem Sausen sogar fast völligen Wiederherstellung der Function) stellt Redner die Hypothese auf, dass in den vorliegenden Fällen die betreffenden, den subjectiven Gehörsempfindungen entsprechenden Fasern des Acusticus einem permanenten pathologischen Reize unterworfen seien, und zwar auf Kosten der anderen, ausser Thätigkeit gesetzten zahllosen Nervenfasern, welche zur Perception der aus einer gar nicht zu berechnenden Zahl von Tönen und Geräuschen zusammengesetzten Sprache erforderlich sind.

Die weiteren Details, sowie eine eingehende Berücksichtigung der hier in Betracht kommenden Beobachtungen älterer und neuerer Forscher (Willis, Itard, Paul Jacob, Johannes Müller, Preyer, Urbantschitsch u. A.) werden in einer besonderen Abhandlung veröffentlicht werden.

2. Hr. H. Munk verlas folgende Mittheilung des auswärtigen Mitgliedes Hrn. J. Gad in Würzburg: „Ueber Centren und Leitungsbahnen im Rückenmark des Frosches.“

Nach den Angaben von Sanders-Ezn, Koschewnikoff und Eckhard ist das Rückenmark des Frosches unterhalb der siebenten Wurzel unfähig, Reflexe zu vermitteln. Da die siebente Wurzel nahe der oberen Grenze der Lumbal-Anschwellung das Rückenmark verlässt und da innerhalb dieser Anschwellung die zur aprioristischen Construction eines Reflexbogens erforderlichen Gewebselemente in reichstem Maasse vorhanden sind, involvirt die citirte Angabe eine principielle Schwierigkeit für das Verständniss des Reflexmechanismus. Nur von einer Seite ist bisher Material beigebracht worden, welches in einem, der Annahme von Eckhard widersprechenden Sinne verwerthet worden ist. Masius ist dafür eingetreten, dass jedem Wurzelpaar des Lumbarmarkes des Frosches ein in ungefährer Höhe der Austrittsstelle gelegenes, räumlich von den übrigen gesondertes Reflexcentrum entspräche. Die Versuche, auf welche Masius diese Ansicht stützt, sind aber in der That nicht derart beschrieben, dass Eckhard Veranlassung gehabt hätte, nach denselben seine Anschauung zu modificiren.

Macht man nun die Versuche von Sander-Ezn, Koschewnikoff und Eckhard über den Einfluss der Rückenmarksdurchschneidung auf die Reflexbewegungen des Frosches nach, so findet man in der That, dass unmittelbar nach einer vollkommenen Durchschneidung in der Höhe der siebenten Wurzel etwa, alle Reflexbewegungen der Hinter-Extremitäten aufgehoben sind. Hat man aber mit genügender Schonung der unteren Partie des Rückenmarks operirt, wozu unter Anderem gehört, dass man bei der erforderlichen Eröffnung des Rücken-

markscanales von hinten das Rückenmark unterhalb der achten Wurzel überhaupt nicht freilegt, und hat man den, die Rückenmarkswunde gut bedeckenden Hautlappen sorgfältig genäht, so tritt nach kürzerer oder längerer Zeit eine theilweise Restitution der Reflexerregbarkeit der Unter-Extremitäten ein. Das „theilweis“ bezieht sich nicht immer auf die Intensität der Bewegungen, denn diese kann unter Umständen sehr bedeutend gesteigert sein, stets aber auf den Umfang der Reflexe in Bezug auf die betheiligten Muskeln und in Bezug auf die betheiligten Reizstellen.

Mir und Hrn. stud. Hirsch, welcher im Laufe des verflossenen Semesters unter meiner Leitung sich mit diesen und ähnlichen Versuchen beschäftigt hat, ist es gelungen, theilweise Restitution der Reflexe nach vollkommener Durchschneidung an der Austrittsstelle der achten hinteren Wurzel zu erzielen. Die wirksamen Reizstellen sind dann auf die Ausbreitungsgebiete der neunten und zehnten hinteren Wurzel, also namentlich auf Fusssohle, Hacke und Analgegend beschränkt. Die Reflexerregbarkeit für hier angebrachte Reize ist oft bedeutend erhöht — aber natürlich nur vorübergehend, d. h. etwa in der zweiten und dritten Stunde nach der Operation. Die am häufigsten auftretende Reflexbewegung besteht in Auswärts-Rollen und Rückwärts-Grätschen der Beine. Bei Reizung der Analgegend beobachtet man ausserdem ziemlich regelmässig Contraction des M. ileococcygeus. Letzteres zu beachten ist darum wichtig, weil in sitzender Haltung durch die Contraction dieses Muskels das Vorderthier bewegt und so indirect zu eigenen Bewegungen veranlasst werden kann, in welchem Fall die Reflexe auf das Vorderthier überzugreifen scheinen. In diesen Stadien der Restitution ist der hinterste Theil des Rückenmarks für Strychninwirkung empfänglich. Die spontan wiedergekehrte Reflexerregbarkeit erlebt selten den nächsten Tag. Es handelt sich überhaupt um ein Phaenomen, welches wegen der Unregelmässigkeit in den Einzelnheiten des zeitlichen Verlaufes ohne systematisch wiederholte Prüfungen leicht der Aufmerksamkeit entgehen konnte.

Obgleich nun weder Hr. Hirsch noch ich von Durchschneidungen, welche erheblich unterhalb der Austrittsstelle der achten hinteren Wurzel ausgeführt wurden, positive Resultate zu verzeichnen haben, so glaube ich doch, dass dies einen ähnlichen Grund hat, als der ist, den wir für die bisherigen Misserfolge nach Durchschneidung im Bereich der siebenten Wurzel kennen gelernt haben. Je tiefer man durchschneidet, um so grösser wird das Verhältniss der durch den Schnitt geschädigten zu der intacten Substanz, so dass die Bedingungen für eine wenigstens zeitweise Restitution immer ungünstiger sich gestalten. Ich möchte mir deshalb den Schluss erlauben, dass ebensowenig, wie die Austrittsstelle der siebenten, diejenige der achten Wurzel eine natürliche Grenze für die Existenz der Bedingungen für das Zustandekommen der Reflexe darstellt und dass die kurzen Reflexbögen, bei denen der reflectirende Centralapparat in der ungefähren Höhe der aus- und eintretenden Nervenwurzeln gelegen ist, wesentliche Glieder in dem gesammten Reflexmechanismus ausmachen.

Ergänzend hierzu ist es mir nun allerdings, und zwar ebenfalls in Gemeinschaft mit Hrn. Hirsch, gelungen, Reflexbögen von erheblich grösserer Länge im Rückenmark des Frosches nachzuweisen. Es sind dies solche, bei denen die aus- und eintretenden Nervenbahnen in den Wurzeln des Lumbarmarkes enthalten, die reflectirenden Centralapparate aber etwa in der Gegend der zweiten Spinalwurzel gelegen sind.

Den Nachweis dieser Bögen kann man mit Hülfe localer Strychnisirung

der oberen Partien des von der Medulla oblongata getrennten Rückenmarks führen. Behufs localer Strychnisirung dieser Partien stellt man ein gewöhnliches Reflexpraeparat, am besten von Rana temporaria her, legt das Rückenmark im Bereich des ersten bis einschliesslich vierten Wirbels vollkommen frei und befestigt das Praeparat auf einer Unterlage derart, dass der Rest der Wirbelsäule vor Verschiebungen gesichert und dass der freipraeparirte Theil des Rückenmarks durch die Luft hindurch zu einem Polster aus angefeuchtetem Fliesspapier gebrückt ist. Auf dem Polster kommt die Gegend der ersten bis dritten Wurzel zu liegen, welche mit einem feuchten Fliesspapierstreifen bedeckt wird. Ist das Praeparat so hergerichtet, so überzeugt man sich von dem Vorhandensein der gewöhnlichen Reflexe in gewöhnlicher Stärke und giesst dann auf das Fliesspapier, welches bis dahin mit physiologischer Kochsalzlösung angefeuchtet war, einige Tropfen einer Mischung von 1 procentiger Strychninlösung mit $^1/_2$ procentiger Kochsalzlösung zu gleichen Theilen. Im Laufe der nächsten 10 Minuten, während deren man den frei durch die Luft gespannten Theil des Rückenmarks vor Vertrocknung zu bewahren hat, verstärken sich allmählich die gewöhnlichen Reflexe; bis dahin unempfindliche Hautstellen werden empfindlich, namentlich zeigt das Eintreten reflectorischer Zusammenziehungen in der Flankenmusculatur auf Berührung der Haut der Flanken ein Vorschreiten der Strychninwirkung an. Dann kommt eine Zeit, in der jede Berührung an irgendwelcher Hautstelle von einem intensiven Beugetetanus der Beine beantwortet wird.

Für Jemand, der an die ermüdende Einförmigkeit der reflectorischen Streckkrämpfe gewöhnt ist, welche das so charakteristische Symptom der Strychninvergiftung bilden, hat das Eintreten dieser reflectorischen Beugekrämpfe etwas ungemein Ueberraschendes. Bis auf den Umstand, dass es sich hier eben um Beugung statt um Streckung handelt, gleichen diese Krämpfe in allen Einzelnheiten den bekannten Strychninkrämpfen. Bei weiter fortgesetzter localer Einwirkung des Strychnins gehen übrigens die Beugekrämpfe in Streckkrämpfe über. Trennt man aber im Stadium der Beugungen oder in dem der Streckungen den der Strychninwirkung ausgesetzten Theil des Rückenmarks durch einen Schnitt im Bereich der vierten Wurzel ab, so überzeugt man sich durch das Aufhören aller Krampfanfälle und durch die Rückkehr der gewöhnlichen Reflexe, dass es sich in der That um eine auf den Bereich der ersten bis dritten Wurzel localisirte Strychninwirkung gehandelt hat.

Ich brauche wohl kaum zu erwähnen, dass der Erfolg der localisirten hohen Strychninvergiftung sehr an den des ersten Theils des Engelhardt'schen Experimentes erinnert. In der That bin ich durch letzteres zur Anstellung meines Versuches angeregt worden. Aber man sieht auch sofort, dass mein Versuch insofern über den Engelhardt's hinausgeht, als die bei hoher Rückenmarksdurchschneidung auftretende Beugung auf Reizung intramedullärer sensibler Bahnen des Armgeflechtes bezogen werden konnte, während das Resultat meines Versuchs auf reflectirende Apparate hinweist, die gewisse aus dem Lumbarplexus bis in die Gegend der zweiten Wurzel aufgestiegene Erregungen nach dem Lumbarplexus zurücksenden.

Ich will nicht verhehlen, dass ich Anfangs geneigt war, aus dem Erfolg meines Versuches auf eine Ausbreitung der, den motorischen Fasern des Lumbarplexus zugehörigen motorischen Ganglienzellen, bis in den obersten Theil des Rückenmarks hinein, zu schliessen. Es hat mir aber durchaus nicht gelingen wollen, bei elektrischer Reizung des oberen Theiles des Froschrückenmarkes Be-

wegungen der Beinmusculatur zu erhalten, deren Eintreten nur um die Fortpflanzungszeit in gewöhnlichen motorischen Fasern verzögert gewesen wäre. Die in meinem Versuch durch Strychnin veränderten Reflexapparate müssen also in verwickelterer Weise, als durch einfache motorische Leitungsbahnen mit den Muskelfasern des Beines zusammenhängen.

Der zuletzt erwähnte Misserfolg scheint mir übrigens mit ziemlicher Sicherheit auch die Existenz von solchen motorischen Leitungsbahnen im Rückenmark des Frosches auszuschliessen, die aus dem Hirn oder der Medulla oblongata stammend mit Vermeidung motorischer Ganglienzellen zu austretenden Wurzeln gelangten. Bekanntlich hat neuerdings Birge unter Gaule's Leitung Zählungen der motorischen Zellen und der motorischen Wurzelfasern vorgenommen, deren Resultat er in gleichem Sinne deutet. Er zählte eine wesentlich gleiche Anzahl von Zellen und Fasern und wäre zu seinem Schlusse berechtigt, wenn von vornherein feststände, dass jede Zelle nur einer Faser zum Ursprung diente. Nun hat er überdies nachweislich, weil die Schnitte dünner waren als die Längenausdehnung der Zellen, eine beträchtliche Anzahl der letzteren doppelt gezählt. Da ich nun gezeigt habe, dass in der That keine durchgehenden Fasern existiren, so würde hieraus und aus der an der Zählung anzubringenden Correctur folgen, dass ein Theil der grossen motorischen Ganglienzellen mehr wie je einer motorischen Wurzelfaser zum Ursprung dient. Ich möchte die Aufmerksamkeit der Histologen auf diese schon jetzt ziemlich zwingende Schlussfolgerung lenken.

Eine genauere Beschreibung der hier angedeuteten Versuche und eine eingehende Discussion der sich daraus ergebenden Schlüsse werde ich demnächst in den *Verhandlungen der Würzburger physikalisch-medicinischen Gesellschaft* veröffentlichen. Thatsächlich möchte ich nur noch erwähnen, dass es mir auch bei Kaninchen und Katzen nicht gelungen ist, im — blutleer gemachten — Rückenmark durchgehende Fasern nachzuweisen.

XI. Sitzung am 28. März 1884.[1]

Hr. KOSSEL spricht: „Ueber Pepton.“[2]

Werden die durch Senkung isolirten rothen Blutkörperchen des Gänseblutes in Wasser bei Gegenwart von Aether gelöst, so bleibt eine flockige, lockere Masse zurück, welche durch Auswaschen vom Blutfarbstoff befreit werden kann. Dieselbe besteht hauptsächlich aus den Zellkernen. Auf Zusatz von verdünnten Säuren schrumpft diese Masse, zugleich geht ein Stoff in Lösung, welcher zur Gruppe der Albumosen (Kühne) gehört. Derselbe, durch Fällung mit Steinsalz und durch Dialyse der wässrigen Lösung rein dargestellt, zeigte folgende Reactionen. Er ist fällbar durch Essigsäure und Ferrocyankalium, durch Uebersättigung mit Steinsalz (auch in neutraler Lösung), durch Salpetersäure (die Fällung löst sich beim Erwärmen, erscheint beim Erkalten wieder), fällbar durch Alkohol, die Alkoholfällung löst sich vollkommen in Wasser auf, ferner

[1] Ausgegeben am 4. April 1883.

[2] Die ausführliche Mitteilung erfolgt in Hoppe-Seyler's *Zeitschrift für physiologische Chemie.*

fällbar durch kohlensaures Natron und durch Natronlauge, letztere Fällung ist im Ueberschuss löslich.

Durch Zusatz von wenig Ammoniak zu der neutralen, salzfreien wässerigen Lösung wird der Körper vollständig in eine unlösliche den coagulirten Eiweissstoffen ähnliche Masse umgewandelt. Die Elementaranalyse ergab (im Mittel) folgende Zahlen:

Lösliche durch Alkohol und Aether gefällte Substanz.	Unlösliche durch Ammoniak coagulirte Substanz.
C 50·67	52·31
H 6·99	7·09
N 17·93	18·28
S 0·50	—
(Asche 0·47)	(Asche 0·50)

Da das Waschwasser der Kernsubstanz keine Spur dieses Körpers enthielt, so ist derselbe erst durch die Einwirkung der verdünnten Säure entstanden oder aus einer unlöslichen Verbindung in Freiheit gesetzt.

XIII. Sitzung am 3. Mai 1884.[1]

Hr. E. Herter theilt die Resultate von Versuchen mit, welche Hr. Dr. S. Lukjanow in seinem Laboratorium: „Ueber die Aufnahme des Sauerstoffs bei erhöhtem Procentgehalt desselben in der Luft“ angestellt hat. Die Versuchsthiere (Ratte, Meerschweinchen, Hund, Katze, Taube und Kanarienvogel) athmeten in einem nach dem Princip von Regnault und Reiset construirten Respirationsapparat bald normale, bald in verschiedenem Grade sauerstoffreichere (bis circa 90 $^0/_0$) Luft. Das allgemeine Verhalten der Thiere, ihre Körpertemperatur und ihre Respiration liessen keine bestimmte Wirkung der erhöhten Sauerstoffspannung erkennen. Die Sauerstoffaufnahme war ebenfalls nicht in regelmässiger Weise beeinflusst. Das Mittel der Werthe für die Versuche in sauerstoffreicheren Gasgemischen war zwar um ein weniges höher als das Mittel für die Controlversuche; dieser geringen Differenz ist aber ein principieller Werth kaum beizulegen, da die Sauerstoffaufnahme auch bei Athmung in atmosphärischer Luft bedeutenden physiologischen Schwankungen unterliegt. In einer kleineren Anzahl von Experimenten wurden pathologische Zustände herbeigeführt, in denen eine bessere Ausnutzung des in höherer Spannung dargebotenen Gases eher erwartet werden konnte, als unter normalen Verhältnissen; durch Erzeugung von septischem Fieber wurde der Sauerstoffbedarf gesteigert und andererseits durch Blutentziehungen die Sauerstoffaufnahme in den Lungen beeinträchtigt, doch liess sich auch in diesen Experimenten ein vermehrter Verbrauch bei Erhöhung der Spannung des Sauerstoffs in der Athmungsluft nicht sicher constatiren. (Die ausführliche Mittheilung erfolgt in der *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. VIII.)

[1] Ausgegeben am 23. Mai 1884.

XIV. Sitzung am 16. Mai 1884.[1]

Hr. SCHMEY (a. G.) las einen Auszug aus seinem angekündigten Vortrage: „Ueber Modificationen der Tastempfindung."

Es liegt eine Reihe von Beobachtungen vor über die Veränderungen der Feinheit des Raumsinnes einer bestimmten Hautstelle unter dem Einflusse verschiedener Bedingungen. Diese Beobachtungen stammen unter Andern von den HH. Lichtenfels,[2] Klug,[3] Brown-Séquard, Alsberg,[4] Rumpf,[5] Kremer,[6] Stolnikoff.[7] Zu diesen Beobachtungen kann ich eine Reihe anderer hinzufügen, die ich in letzter Zeit über die Bedingungen, welche die Feinheit des Raumsinnes zu verändern im Stande sind, gesammelt habe. Ich habe die Versuche alle an mir selber von einem Freunde anstellen lassen; und ich konnte constatiren, dass Vexirfehler bei mir fast gar nicht mehr vorkamen, nachdem ich mehrere Wochen hindurch fast täglich an mir hatte experimentiren lassen. An ungeübten Personen dagegen kann man dergleichen Versuche gar nicht anstellen, da der Raumsinn bei ihnen beständig in weiten Grenzen schwankt.

Ich bediente mich des bekannten Sieveking'schen Aesthesiometers und der Methode der eben noch merklichen Unterschiede; d. h. ich liess an mir die Spitzendifferenz bestimmen, bei der ich nicht mehr oder eben noch zwei Spitzen unterscheiden konnte. Uebrigens habe ich in den Fällen, wo die eingeführten Bedingungen sehr grosse Aenderungen hervorriefen, den Schwellenwerth nicht absolut genau zu bestimmen gesucht, sondern mich dann meist begnügt, ihn in Grenzen von 3—5 ^{mm} einzuschliessen, und von den Grenzwerthen das arithmetische Mittel zu nehmen.

Vorerst habe ich mich davon zu überzeugen gesucht, dass der Raumsinn innerhalb der Zeit, die ein Experiment beansprucht, 30—40 Minuten, sich nicht spontan ändert. Ich habe öfter 4—5 Stunden lang unter gleichmässigen Verhältnissen constante Werthe erhalten. Uebrigens habe ich vor Einführung einer jeden neuen Bedingung den normalen Schwellenwerth neu ermittelt.

Ich gehe nun über zur Besprechung meiner Experimente.

I. Wenn ich einen Arm ermüde oder auch nur anstrenge, so erleidet die Feinheit des Raumsinnes eine beträchtliche Herabsetzung. So fand ich einmal die Schwelle für den linken Unterarm bei 42 ^{mm}, nachdem ich ihn aber durch 2 Minuten lang fortgesetzte Pronation und Supination mit einem Gewicht von 2 ^{kgr} angestrengt hatte, stieg der Schwellenwerth auf 60 ^{mm}. Bei einem anderen Versuche lag die Schwelle auf der Haut über dem linken Biceps bei 44 ^{mm}, stieg aber dann nach Ermüdung, die durch mehrere Minuten lang fortgesetztes Heben eines Gewichtes hervorgebracht wurde, auf 55 ^{mm}.

Bei diesen Versuchen zeigte es sich, dass der Raumsinn an meinem linken Arm viel feiner ist, als an meinem rechten. Ich citire drei Versuche, die an den Oberarmen angestellt sind und die dies erweisen.

---

[1] Ausgegeben am 23. Mai 1884.
[2] Hermann's *Handbuch der Physiologie*. Bd. III. Abth. 2. S. 374.
[3] *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig*. 1876. XI. S. 168.
[4] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften*. 1864. S. 66.
[5] *Verhandlungen des zweiten medicinischen Congresses zu Wiesbaden*.
[6] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXIII. S 273.
[7] *St. Petersburger medicinische Wochenschrift* 1879.

	Links.	Rechts.	Differenz.
1. Juli	32 mm	42 mm	10 mm
3. Juli	22 „	41 „	19 „
22. Juli	33 „	44 „	11 „

Man ist nun leicht geneigt, diese Erscheinung als ein Analogon der Thatsachen, die auf eine innate höhere Sensibilität der linken Seite sich beziehen, anzusehen. Doch spricht gegen diese Auffassung, dass an den Oberschenkeln ein solcher Unterschied nicht wahrzunehmen ist. Von vier Versuchen, die ich in diesem Sinne anstellte, war bei zweien die Feinheit des Raumsinnes an den entsprechenden Stellen beider Oberschenkel absolut gleich, bei den beiden anderen Versuchen war der Raumsinn sogar rechts ein wenig feiner.

	Links.	Rechts.	Differenz.
3. Juli	22 mm	22 mm	—
6. Juli	17 „	15 „	2 mm
8. Juli	15 „	14 „	1 „
22. Juli	12 „	12 „	—

Wahrscheinlich werden durch die Ermüdung die Nerven irgendwie alterirt, sei es durch Lymphstauung, sei es durch chemische Einflüsse, oder auch nur, durch die Hautspannung, und da der rechte Arm diesen Einflüssen der Muskelermüdung mehr ausgesetzt ist, als der linke, während die Verhältnisse an den beiden Oberschenkeln ungefähr dieselben sind, so würden sich so die Versuchsresultate erklären lassen. Es findet sich ferner, dass diese Differenz zwischen dem rechten und linken Arm eine Periodicität zeigt der Art, dass die Raumsinnsdifferenz am Morgen geringer ist als am Abend. Diese Erscheinung ist nicht zurückzuführen auf centrale Differenzen, etwa darauf, dass die Wahrnehmung am Morgen frischer ist als am Abend; es werden nämlich die rechte und die linke Extremität ungleichmässig beeinflusst, überhaupt scheint der Raumsinn an beiden Extremitäten am Morgen feiner zu sein als am Abend.

	Abends.				Morgens.		
	Rechts.	Links.	Differenz.		Rechts.	Links.	Differenz.
28. Juni	37 mm	67 mm	30 mm	3. Juli	22 mm	24 mm	2 mm
6. Juli	24 „	38 „	14 „	22. Juli	26 „	31 „	5 „
28. Juli	34 „	47 „	13 „	29. Juli	19 „	23 „	4 „

II. Wenn man auf eine Körperstelle, z. B. auf den Unterarm, ein Senfpflaster auflegt, so verändert sich die Feinheit des Raumsinnes in eigenthümlicher Weise. Wenn das Pflaster ein paar Minuten gelegen hat, bis zum Eintreten starker Röthung und heftigen Brennens, so zeigt sich nach Abnahme des Pflasters der Raumsinn wesentlich verfeinert; das dauert aber nur kurze Zeit; während noch das Gefühl des Brennens und die Hautröthung bestehen, verringert sich die Feinheit des Raumsinnes wieder und sinkt schliesslich auf oder unter die Norm. So fand sich in einem Falle der Schwellenwerth auf meinem linken Unterarme vor Auflegen des Pflasters bei 20 mm. Nachdem es aber aufgelegt und einige Minuten lang liegen geblieben war, sank die Schwelle bis auf 10 mm, um nach circa 20 Minuten bis auf 35 mm zu steigen. Zur Erklärung dieser Thatsache ist man versucht, an die Cohnheim'sche Entzündungslehre zu denken, da die beiden Stadien der Raumsinnschwankungen sehr schön den beiden Entzündungsstadien entsprechen: Erweiterung der Blutgefässe erst mit Beschleunigung, dann

mit Verlangsamung des Blutstromes, also dem Aufeinanderfolgen von arterieller und venöser Hyperaemie. Im zweiten Stadium ist wohl auch von Einfluss das Auftreten des entzündlichen Transsudates.

III. Wenn man mehrere Tropfen Amylnitrit einathmet und so eine Hyperaemie des Gesichtes erzeugt, so erhält man eine ziemlich beträchtliche Verfeinerung des Raumsinnes auf der Haut der Wangen. Bei einem Versuche beobachtete ich den Schwellenwerth auf meiner linken Wange vor dem Einathmen dieses Gases bei 13 ^{mm} und nach dem Einathmen bei 7 ^{mm}. Bei einem Versuche, bei dem ich mir mehr wie gewöhnlich, circa 8 Tropfen, auf mein Taschentuch gegossen hatte, trat eine eigenthümliche Gesichtswahrnehmung auf: einige Minuten nach dem Einathmen des Gases sah ich nämlich plötzlich bei offenen Augen zuerst einen, dann mehrere hellgelblich-grüne Kreise auf hellem Hintergrunde, die ihre Farbe nicht veränderten, wohl aber allmählich grösser wurden; nach circa 5 Minuten war diese Erscheinung ziemlich plötzlich vorbei. In welcher Weise die Verfeinerung des Raumsinnes erklärt werden kann, ist nicht sicher. Die Hyperaemie ist nach den Untersuchungen von Gaspey, Jolyet und Regnard, und namentlich von Filehne[1] eine exquisit venöse. Möglicherweise haben wir es hier mit einer direct centralen Einwirkung des Amylnitrits zu thun, wenigstens hat ein vorläufiger Versuch ergeben, dass beim Einathmen dieses Gases auch am Unterarm, wo doch keine Hyperaemie auftritt, der Raumsinn nicht unbeträchtlich verfeinert wird. Nach den Untersuchungen von Alsberg erzeugt venöse Hyperaemie eine Verschlechterung des Raumsinnes, allerdings sind seine Versuche nicht ganz rein, da er sich zur Erzeugung der venösen Hyperaemie einer Aderlassbinde bedient und so auch einen Nervendruck ausübt.

IV. Wenn man den Nervus ulnaris da, wo er zwischen Condylus internus humeri und Olceranon hindurchgeht, mit den Fingern stark drückt, und dann den Raumsinn am kleinen Finger untersucht, so zeigt er sich bedeutend verschlechtert. So lag in einem Versuche die Schwelle vor Anwendung des Druckes bei 4 ^{mm}, und stieg während des Druckes auf 9 ^{mm}. Dieses Versuchsergebniss steht in Einklang mit den Resultaten von Zederbaum,[2] wonach die Reflexerregbarkeit bei Anwendung von Druck auf den Nerven fällt. Im Gegensatz dazu erhöht nicht zu starke mechanische Spannung der Haut die Feinheit des Raumsinnes; so habe ich in einem Falle den Schwellenwerth am Unterarm durch 2 Minuten langes Spannen der Haut von 35 auf 23 ^{mm} sinken sehen. In Uebereinstimmung damit stehen Versuche, die von A. Paulus[3] im Vierordt'schen Laboratorium angestellt worden sind. Derselbe fand, dass der Raumsinn am Oberschenkel und Unterschenkel verfeinert wird, wenn die Haut in eine jedenfalls nur mässige Spannung durch Flexion im Kniegelenk ersetzt wird. Dagegen fand G. Hartmann[4] in demselben Laboratorium, dass, wenn man den Kopf so stark nach hinten überbeugt, dass die Entfernung zweier Hautpunkte am oberen Theil des Schildknorpels verdoppelt wird, die Feinheit des Raumsinnes der betreffenden Stelle etwas sinkt; es handelt sich hier jedenfalls um eine sehr starke Dehnung der Haut. In der That haben auch Versuche von Haber, Ranke und Cornet, Schleich, Tutschek, Conrad und Tigerstedt ergeben, dass

---

[1] Loebisch, *Neuere Arzneimittel.* S. 63.
[2] *Archiv für Anatomie und Physiologie.* Phys. Abth. 1883. S. 169.
[3] *Zeitschrift für Biologie,* B. VII. S. 259.
[4] *Ebenda.* Bd. XI. S. 98.

mässige Dehnung die Erregbarkeit sensibler Nervenfasern erhöht, während nach denselben Autoren und nach P. Vogt stärkere Dehnung dieselbe herabsetzt.

V. Wenn man auf eine Hautstelle ziemlich intensive Kälte einwirken lässt, so vermindert sich die Feinheit des Raumsinnes in beträchtlichem Masse. Bei meinen Versuchen goss ich auf die betreffende Hautstelle Schwefeläther, und in Folge dessen stieg der Schwellenwerth z. B. in einem Falle von 32 auf 62 ^{mm}, sank aber allmählich wieder und erreichte nach 20 Minuten die Norm. Vielleicht ist hierbei das Wesentliche die Hautanaemie; wenigstens haben Versuche von Alsberg ergeben, dass Anaemie den Raumsinn verschlechtert. Lange nach Beendigung dieser Versuche theilte mir Hr. Dr. Stolnikoff mit, dass er das Gleiche schon früher gefunden und auch in einer russischen Zeitschrift veröffentlicht hat. In ähnlicher Weise hat Nothnagel[1] gefunden, dass das Unterscheidungsvermögen der Haut für Temperaturdifferenzen bedeutend geschwächt wird, wenn man die betreffende Stelle stark abkühlt.

Diese Versuche ergeben also, dass man die Feinheit des Raumsinnes sehr bedeutend nach beiden Richtungen hin verändern kann, wenn man entweder die Nerven direct afficirt, oder indirekt durch Veränderung der Circulationsverhältnisse. Jedenfalls aber ist dieses letztere Moment noch nicht vollkommen untersucht, besonders da über die Wirkung der arteriellen Hyperaemie noch nichts Gewisses bekannt ist. Ausserdem haben auch meine Versuche ergeben, dass von einer Constanz der physiologischen Empfindungskreise im Weber'schen Sinne nicht die Rede sein kann.

---

[1] Hermann's *Handbuch der Physiologie.* Bd. III. Abth. 2. S. 435.

Ueber einen neuen Stoff des Blutplasma's.

Von

Dr. L. C. Wooldridge.

Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.

Unter Peptonblut verstehe ich ein Blut, welches kurz nach Injection von Pepton einem Hunde entzogen worden ist. Dieses Blut gerinnt bekanntlich nicht, und man erhält aus ihm durch wiederholtes Centrifugiren ein ganz klares Plasma.

Wird dieses Plasma auf 0° abgekühlt, so entsteht eine zunehmende Trübung und beim längeren Stehen scheidet sich ein flockiger Niederschlag aus.

Wieder auf 30° erwärmt, wird das Plasma wie früher vollkommen klar. Neuerdings abgekühlt tritt die Trübung von Neuem auf. Mikroskopisch stellt sich der trübende Stoff dar als eine grosse Menge rundlicher blasser durchsichtiger Kügelchen, welche grosse Neigung haben sich zusammenzuballen, und organisirten Gebilden, wie z. B. kleinen gequollenen Blutkörperchen, sehr ähnlich sehen.

Ist das Plasma durch Erwärmen wieder klar geworden, so sind diese Kugeln verschwunden, um bei der Abkühlung wieder aufzutreten. Es muss bemerkt werden, dass die Auflösung des Niederschlags durch Erwärmen nur dann leicht von statten geht, wenn derselbe erst vor kurzem ausgefallen war; dauert die Abkühlung, so gewinnt die Trübung einen flockigen Charakter; erwärmt quellen die Flocken, aber sie lösen sich nicht völlig auf. Der Niederschlag lässt sich auf der Centrifunge sammeln, er hat dann das Aussehen eines durchsichtigen Häutchens, das sehr an Faserstoff erinnert.

Folgende Eigenschaften werden aber genügen, um zu zeigen, dass er mit Fibrin nicht identisch ist. Zunächst ist seine Consistenz ausgesprochen schleimig, er quillt in 4 procentiger Na Cl-Lösung auf zu einem dünneren Schleim, löst sich aber nicht auf.

In verdünnter Essigsäure schrumpft er und wird opak. Ebenso in verdünnter Salzsäure, in welcher er jedoch nach längerem Stehen wieder durchsichtig wird.

Sehr stark quillt er in verdünnten Alkalien und löst sich schliesslich auf.

Unter gewissen Umständen jedoch, besonders nach langem Stehen im Plasma kann der Stoff dem Fibrin sehr ähnliche Eigenschaften gewinnen. Zumeist aber erinnert er an jenen eigenthümlichen, Schleim ähnlichen Körper, der sich, wie ich [1] beschrieben habe, aus Leukocyten darstellen lässt.

Sehr bemerkenswerth sind die Beziehungen dieses Stoffes zur Gerinnung. Es lässt sich nämlich ganz zweifellos zeigen, dass das Peptonplasma durch CO_2 oder durch Verdünnung mit Wasser nur dann zur Gerinnung gebracht werden kann, wenn dieser Stoff in ihm enthalten ist. Je vollständiger der Niederschlag aus dem Peptonplasma entfernt wurde, um so schwieriger lässt sich die Gerinnung durch die genannten Mittel herbeiführen. — Durch Zufügung der Substanz gewinnt das Plasma seine leichte Gerinnbarkeit wieder.

Nicht dass es dem Plasma an gerinnungsfähigem Stoffe mangelte, denn es enthält grosse Mengen von Fibrinogen, sondern weil das Vorhandensein unseres Körpers nothwendig ist, um das Fibrinogen des Plasma's zur Gerinnung zu bringen, und zwar wirkt es auf folgende Weise:

Voraus muss bemerkt werden, dass das Peptonplasma kein Fibrinferment enthält. Hat man dagegen bei Vorhandensein unseres Körpers durch CO_2 Gerinnung herbeigeführt, so enthält das Serum von dieser Gerinnung Fibrinferment, welches auf die gewöhnliche Weise mittels Fällung durch Alkohol u. s. w. nachgewiesen werden kann.

Ist dagegen unser Körper entfernt worden, so entsteht bei CO_2-Durchleitung kein Ferment und um Gerinnung hervorzubringen, muss ein Zusatz gemacht werden von Ferment oder von Lecithin.[2] Daraus folgt, dass während der Durchleitung von CO_2 der Körper Fibrinferment entweder bildet oder zu seiner Bildung Veranlassung giebt.

Es muss aber weiter geschlossen werden, dass bei dieser Gerinnung ein zweiter im Serum löslicher Körper entsteht.

Denn da das genannte Serum in neuen Mengen von Peptonplasma ohne die Beihülfe der CO_2 Gerinnung herbeizuführen im Stande ist, so muss offenbar ausser dem Ferment noch ein an Wirkung die CO_2 ersetzender Stoff vorhanden sein, denn Peptonplasma gerinnt, wie ich am angeführten Orte zeigte, mit Fibrinferment allein nicht, wohl aber mit Ferment und CO_2.[3]

---

[1] *Dies Archiv*, 1881.

[2] Wooldridge, Zur Gerinnung des Blutes. *Dies Archiv*, 1883.

[3] A. a. O.

Was die Herkunft unserer Substanz anlangt, so sprechen verschiedene Gründe dafür, dass wir in ihr ein Umwandlungsproduct weisser Zellen zu erblicken haben.

Auf diesen Ursprung weist hin seine oben berührte Aehnlichkeit mit dem Zerstörungsproducte von Leukocyten und ausserdem ist sein Verhalten zur Gerinnung des Peptonplasmas ganz ähnlich dem der Leukocyten.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass dieser Stoff nicht ausschliesslich eine Eigenthümlichkeit des Peptonplasma's ist. Denn in dem Plasma, welches gewonnen ist durch Auffangen des Blutes in 10 procentiger Na Cl-Lösung, findet sich ebenfalls ein Stoff, aus welchem bei Verdünnung mit Wasser unter Bildung von Gerinnseln Fibrinferment entsteht.

Auf das weitere Verhalten des hier beschriebenen Körpers werde ich demnächst in einer ausführlicheren Abhandlung über Blutgerinnung eingehen.

Physiologische und chemische Studien an Torpedo.

Von

Dr. Th. Weyl
in Berlin.

IX. Einiges über den Stoffwechsel des elektrischen Organs.[1]

(Fortsetzung.)

§ 2. Stoffwechsel des thätigen Organs.

3. Das Alkohol-Extract des Organs in Ruhe und Thätigkeit.

Die grundlegenden Versuche von Helmholtz über den Stoffverbrauch bei der Muskelaction auf das elektrische Organ zu übertragen, war der Zweck nachfolgender Experimente.

Zunächst verglich ich die Alkohol-Extracte, dann die Wasser-Extracte des gereizten mit denen des nicht gereizten Organs an demselben Individuum.

Ich habe lange gezögert, die Versuche über das Alkohol-Extract mit ihren inconstanten Ergebnissen zu veröffentlichen.[3] Da ich selbst aber in der nächsten Zeit kaum in der Lage sein werde neue Erfahrungen auf diesem Gebiete zu sammeln, glaubte ich einem etwaigen Nachfolger durch Mittheilung meiner Versuche nützen zu können.

Meine Versuche sind bei Auschluss der Circulation angestellt. Die anatomische Grundlage hierfür wurde von J. Hyrtl erkannt. Nach seinen Untersuchungen[4] sind die Gefässe, welche (bei Torpedo Narke) dem

---

[1] Vergl. die früheren Abschnitte in *diesem Archiv* 1883 und in der *Festschrift* für E. du Bois-Reymond 1883. — Ferner *Zeitschrift für physiologische Chemie.* 1883. Bd. VII.

[2] *Dies Archiv,* 1845. S. 72.

[3] Dies Manuscript ist seit länger als Jahresfrist druckfertig.

[4] J. Hyrtl, Das arterielle Gefässsystem der Rochen. *Denkschrift der Wiener Akademie.* Mathem.-Naturw. Classe. 1858. 15. 1.

elektrischen Organe das arterielle Blut zuführen, arterielle Verlängerungen der Kiemenvenen.

Jedes Organ erhält aus dieser Quelle drei Arterien.

Die vordere ist die stärkste. Aus ihr entstehen am Innenrande des Organs zwei Zweige, welche mit dem ersten und zweiten elektrischen Nerven ziehen und sich mit ihnen verästeln. Die mittlere Arterie folgt dem dritten, die hintere Arterie — die schwächste — begleitet den vierten „letzten“[1] elektrischen Nerven. Jede dieser drei Arterien ist von einer Vene begleitet, welche sich in das System der Bronchialvenen entleert.

Von den übrigen Ergebnissen der Untersuchungen Hyrtl's hebe ich noch folgende hervor.

Nachdem die Arteria subclavia einen Fortsatz der Clavicula durchbohrt und drei — uns hier nicht interessirende — Zweige abgegeben hat, spaltet sie sich in einen schwächeren Ramus dorsalis und einen stärkeren Ramus volaris der Brustflosse. Ersterer verläuft an dem vorderen Abschnitte des inneren Flossenrandes, welcher mit seiner concaven Krümmung den Aussenrand des elektrischen Organs umfasst. Er versorgt nur die Ursprünge der dorsalen Flossenmusculatur und endigt schon nach kurzem Verlaufe. Alles übrige dorsale Fleisch der Brustflosse und die Gesammtmasse der ventralen Musculatur versieht der Ramus volaris. Dieser zerfällt in einen hinteren und einen vorderen Zweig. Ersterer ist für einen Theil der Brustflosse bestimmt. Letzterer folgt dem concaven Flossenende bis zu einer Verbindung mit dem Schädelknorpel hin, umkreist somit den ganzen convexen Aussenrand des elektrischen Organs, und anastomosirt zuletzt mit dem ihm entgegenkommenden Endaste der Carotis externa. Merkwürdig ist es, dass dieser, obwohl er in so naher örtlicher Beziehung zum elektrischen Organe steht, dennoch nicht das feinste Zweigchen in dasselbe gelangen lässt, welches somit seinen Gesammtbedarf an Blut aus der Kiemenvene bezieht.“[2]

Das ist der wesentliche Punkt!

Wir sind also durch Unterbindung der mit den elektrischen Nerven verlaufenden Blutgefässe in der Lage das Organ aus dem Kreislauf auszuschalten.

Der Versuch gestaltet sich demnach folgendermaassen. Einem möglichst grossen, lebenskräftigen Fische, welcher durch einen Gehülfen auf dem Tische fixirt wurde, wird mit einem einzigen Schnitte das Organ der rechten Seite abgetrennt. Dieses befreit der Gehülfe von der Hautbedeckung, zerhackt es möglichst fein und bestimmt sein Gewicht in einem vorher ge-

---

[1] Vergl. *Dies Archiv,* 1883. Festschrift. S. 106.

[2] A. a. O. S. 11.

wogenen Stöpselglase von ungefähr $2^1/_2$ Liter Inhalt. Sobald das geschehen, wird das zerhackte Organ mit der zehnfachen Menge seines Gewichts absoluten Alkohols übergossen und tüchtig durchgeschüttelt.

Während dessen praeparirte ich, vor dem Schlage durch Kautschukhandschuhe geschützt, die elektrischen Nerven und die sie begleitenden Gefässe von der Bauchseite her frei.

Die Operation beginnt mit einem Hautschnitte einige Millimeter auswärts von den Kiemenlöchern. Der Schnitt wird dem äusseren Rande des Kiemenkorbes parallel, aber immer einige Millimeter von diesem Rande entfernt, nach dem Kopf- und Schwanzende zu verlängert, sodass zuletzt der äussere Contour des Kiemenkorbes von diesem Schnitte eingerahmt ist. Nachdem jetzt die Haut ungefähr einen Centimeter weit allseitig abpraeparirt ist,[1] schimmern durch das durchsichtige Gewebe meist schon drei von den vier elektrischen Nerven oder wenigstens die Blutgefässe, welche jene begleiten, hervor. Jedenfalls ist es leicht die Nerven mit einer stumpfen Nadel freizulegen. Sie werden mit den Gefässen doppelt unterbunden und zwischen den Unterbindungsstellen durchschnitten.

Auf diese Weise war das Organ dem Willen und dem Kreislaufe entzogen.

Nachdem der Fisch wieder auf den Bauch gelegt war, wurden die kammförmigen Elektroden[2] tief in das Organ eingestossen, und zwar die eine am inneren Rande der Brustflosse, die andere am äusseren Rande des Kiemenkorbes.

Bei dieser Anordnung wurde ein möglichst grosser Theil des Organs von den Strömen durchflossen. Ich begann die Reizung mit Hülfe der Wechselströme des Inductoriums,[3] welches durch ein grosses Flaschenelement nach Grenet getrieben wurde. Die Elektroden befanden sich als Nebenschliessung im secundären Kreise. Die Anzahl der Unterbrechungen war eine maximale, die Stromstärke liess ich allmählich anwachsen.

Der Fisch lag während der Reizung ausser Wasser[4] auf dem Tische. Kiemen und Spritzlöcher wurden durch ein mit Meerwasser getränktes Tuch feucht erhalten.

Die Reizung dauerte meist über eine Stunde. Der Fisch schien sich um den Reiz wenig zu kümmern. Auf unsanfte Berührung mit einem Glasstabe antwortete er mit einer Entladung. Bei Beendigung des Versuches war er am Leben, aber nur schwache Schläge zu ertheilen im Stande.

---

[1] Um Blutungen zu vermeiden hüte man sich vor Verletzung des Kiemenkorbes!

[2] Dieselben waren der Grösse der Fische entsprechend grösser als die oben (*dies Archiv*, Festschrift, 1883, S. 121) beschriebenen, ihnen sonst aber durchaus ähnlich.

[3] *Dies Archiv*, Festschrift. 1883. S. 122.

[4] *Dies Archiv*, Festschrift. 1883. S. 122.

Ich praeparirte dann, nachdem ich dem Fische nach Abtrennung des Hirns mit einem stumpfen Instrument Gehirn und Rückenmark zerstört hatte, das Organ heraus, zerkleinerte es und übergoss es, nachdem sein Gewicht festgestellt war, mit seinem zehnfachen Gewicht absoluten Alkohols.

Niemals habe ich die Reaction des Organs bei einem grossen Fische sauer gefunden.[1]

Die Organe blieben mit dem Alkohol unter häufigem Umschütteln acht Tage in Berührung.

Dann wurde der Alkohol abgezogen und durch die gleiche Menge frischen absoluten Alkohols ersetzt. Nach acht Tagen wird dieselbe Procedur zum dritten Male wiederholt. Die extrahirte Masse presste ich erst im ganzen im Colirtuch, dann noch in einzelnen Portionen mit der Hand tüchtig aus. Das gesammte Alkohol-Extract wird bei mässiger Temperatur auf dem Wasserbade bis auf ca. 100 ^{Ccm} eingedampft. Diese werden dann in kleinen Portionen in ein gewogenes Bechergläschen eingetragen und zuletzt bei 50° auf dem Wasserbade verdampft. Der Rückstand wird bei 50° getrocknet und gewogen.

Die Resultate dieser Versuche zeigt folgende Tabelle I.

In derselben bedeutet: n = nicht gereizt, g = gereizt.

Tabelle 1.

Nummer.	Zustand des Organs.	Organ in Arbeit. grm	Alkohol-Extract absolut grm	Alkohol-Extract in Proc. des frischen Organs.	Differenz zu Gunsten der nicht gereizten Seite.	Bemerkungen.
1	n	28	2·2948	8·19	±0	
	g	29·5	2·4164	8·19		
2	n	70	5·5787	7·96	−0·18	Oculata von 1156 ^{grm}.
	g	76	6·1877	8·14		
3	n	117	8·724	7·45	−0·98 (!)	
	g	93·5	7·8820	8·43		
4	n	92	7·1619	7·84	+0·24	Fisch von 1100 ^{grm} ♀ Ocul.
	g	113	8·5254	7·54		
5	n	65	4·98	7·66	+0·31	
	g	92	6·766	7·35		
6	n	65	5·5115	8·47	+0·84	Oculata von 829 ^{grm} ♀
	g	59	4·502	7·63		

[1] A. a. O., S. 121 ff.

Leider ergeben die Versuche kein constantes Resultat. Da ich immer nach der gleichen Methode arbeitete, glaube ich bei den chemischen Manipulationen keinen Fehler gemacht zu haben.

Vielleicht wird diese Inconstanz durch spätere anatomische Untersuchungen seine Erklärung finden, wenn sich nämlich zeigen sollte, dass das Organ häufig noch auf anderem Wege, als Hyrtl auf Grund weniger Injectionen annahm, mit Blut versorgt wird. Für diesen Fall müsste nach Analogie mit den Muskeln[1] auch für das Organ bei Aufhebung und bei Bestand der Circulation ein verschiedenes Resultat erwartet werden müssen.[2]

---

4. Das Wasser-Extract des gereizten Organs.

Nachdem das gereizte und das nicht gereizte Organ, wie eben beschrieben, mit Alkohol extrahirt waren, wurden aus dem Rückstande die Wasser-Extracte auf folgende Weise gewonnen.

Die mit der Hand ausgepresste Masse trug ich in kleinen Portionen in 400 ^{Ccm} kochendes Wasser ein und kochte sie damit unter Umrühren 5 Minuten lang. Nach dem Erkalten wurde das Wasser abgegossen und der Rückstand im Mörser tüchtig zerrieben. Er kam dann in eine der ersten gleiche Portion kochendes Wasser und wurde wie das erste Mal behandelt. Dieselbe Operation wiederholte ich noch ein drittes Mal.

Die Reaction des ausgekochten Gewebes, wenn sie unter gewissen Vorsichtsmaassregeln geprüft wurde,[3] war stets alkalisch, mochte das Organ vorher gereizt worden sein oder nicht.

Die beiden ersten Wasser-Extracte dagegen reagirten in allen Fällen deutlich sauer.

Die einzelnen Portionen der zusammengehörigen Wasser-Extracte wurden in gewogener Schale eingedampft, bei 110° getrocknet und gewogen. Die trockne Substanz verkohlte ich dann, extrahirte die Kohle mit Wasser, ver-

---

[1] Helmholtz (a. a O.) und J. Ranke (*Tetanus*, S. 139), welche bei Ausschluss der Circulation arbeiteten, erhielten aus den tetanisirten Muskel mehr Alkohol-Extract als aus dem ruhenden. Dagegen fand Astaschewsky (*Zeitschrift für physiologische Chemie*. 1880. Bd. IV, S. 401), der während der Versuche die Blutcirculation bestehen liess, das umgekehrte Resultat.

[2] Früher (*Monatsberichte der Berliner Akademie*. 1881. S. 386) standen mir nur Versuche zu Gebote, in welchen das Alkohol-Extract der nicht gereizten Seite schwerer war. Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes stellte ich während eines zweiten sehr kurzen Aufenthaltes in Neapel (März 1882) neue Versuche an, die mir das umgekehrte Resultat lieferten.

[3] Vergl. *dies Archiv*, Festschrift, 1883. S. 112 ff.

aschte den Rückstand, fügte zu diesem das Wasser-Extract der Kohle,[1] dampfte ab, trocknete, veraschte und wog die völlig weisse Asche. Zuletzt bestimmte ich in der Asche die Phosphorsäure durch Titration mit Uranlösung.

Auf diese Weise gewann ich für das gereizte und nicht gereizte Organ je drei Werthe, welche bei Umrechnung in Procente direct vergleichbar waren.

Die Resultate zeigt Tabelle 2.[2] In derselben bedeutet n: nicht gereizt, g: gereizt.

Tabelle 2.

Nummer[3].	Zustand des Organs.	Organ. in Arbeit.	Wasser-Extract in Procenten des frischen Organs.			Bemerkungen.
			Rückstand.	Asche.	$P^2 O^5$	
2	n	70	1·64	0·34	0·1056	Oculata von 1156 grm.
	g	76	1.97	?	**0.118**	
3	n	117	1·314	**0·362**	0·068	
	g	93·5	1·65	0·34	**0.1069**	
4	n	92	1·58	**0·356**	0·0706	♀ Ocul. von 1100 grm.
	g	113	1·367	0·342	**0.093**	
6	n	65	1·747	**0·321**	0·125	♀ Ocul. von 829 grm.
	g	59	1·75	0·315	**0·137**	

Aus dieser Tabelle ergiebt sich:

1) Das Wasser-Extract des gereizten Organs nimmt gegen das nicht gereizte zu (Ausnahme Nr. 4g).

2) Das Wasser-Extract des nicht gereizten Organs enthält mehr Salze als das gereizte.

Wahrscheinlich ist also ein Theil der Salzbasis benutzt worden, um die während der Thätigkeit des Organs entstandene Säure zu sättigen.

3) Im gereizten Organ findet sich constant mehr in Wasser lösliche („anorganische“) Phosphorsäure.

---

[1] Da ein Theil der „löslichen Salze“ jedenfalls in das Alkohol-Extract übergegangen war, hatte die Trennung der unlöslichen von den löslichen Aschenbestandtheilen bei diesen Versuchen keinen Sinn. Vergl. Asche des Organs. *Zeitschrift für physiologische Chemie.* 1883. Bd. VII. S. 544.

[2] Vergl. *Analytische Belege* S. 322 ff.

[3] Die Nummern entsprechen den Versuchsnummern auf Tabelle 1 (S. 319).

Dieses Resultat scheint von besonderem Interesse, weil sich das gleiche auch für den Muskel ergeben hat.[1]

Wahrscheinlich stammt die bei der Thätigkeit des Organs neugebildete anorganische Phosphorsäure aus dem Nuclein oder Lecithin des Organs, welches an beiden Stoffen reich ist.

Hierüber müssen weitere Versuche Aufschluss geben.

Ich gedenke sobald als möglich meine Studien über den Stoffwechsel des elektrischen Organs weiterzuführen.

Zweierlei muss aber zunächst seine Erledigung finden. Vor allem ist die rein analytische Untersuchung des Organs zu fördern, damit wir im Stande sind, das Verhalten der einzelnen Componenten des wässerigen und des alkoholischen Extractes beim Stoffwechsel zu studiren, wie dies für den Muskel bereits geschehen ist.

Das zweite — es liegt ausserhalb meiner Macht.

Es fehlt für Studien wie die vorliegenden ein völlig armirtes physiologisches Laboratorium, wie es die Franzosen bereits besitzen. Hoffentlich gelingt es Hrn. Dohrn's bewundernswerther Energie ein derartiges Institut in Neapel in's Leben zu rufen!

Berlin, April 1884, Privatlaboratorium.

Analytische Belege zu den Bestimmungen des Wasser-Extractes.

(Vergl. S. 318).

Jeder Cubikcentimeter Uranlösung entspricht $0 \cdot 005^{grm}$ P^2O^5.

Versuch 2.

A. Nicht gereizt:

1) 70^{grm} frisches Organ = $1 \cdot 1488$ Wasser-Extract bei 110^0 = $1 \cdot 64$ Proc.
2) 70^{grm} frisches Organ = $0 \cdot 2382$ Asche = $0 \cdot 34$ Proc.
3) 80^{Ccm} Aschenlösung:
   a) für 40^{Ccm} Aschenl. verbr. 7.4 Uranl. = $7 \cdot 4 \times 0 \cdot 005 = 0 \cdot 037$ P^2O^5
   b) für 80^{Ccm} Aschenl. verbr. $2 \times 0 \cdot 037 = 0 \cdot 074$ P^2O^5 = $0 \cdot 1056$ Proc.

B. Gereizt:

1) 76^{grm} frisches Organ = $1 \cdot 4992^{grm}$ Wasser-Extract bei 110^0 = $1 \cdot 97$ Proc.
2) 76^{grm} frisches Organ = ? Asche.
3) 50^{Ccm} Aschenlösung:

[1] Vergl. Th. Weyl und Zeitler, *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. VI. S. 557.

a) für 25 Ccm Aschenl. verbr. 9·0 Ccm Uranl. = 9 × 0·005 = 0·045 grm P^2O^5.
b) für 50 Ccm Aschenl. verbr. 2 × 0·045 Uranl. = 0·090 = 0·118 Proc. P^2O^5.

Versuch 3.

A. Nichtgereizt:

1) 117 grm frisches Organ = 1·5384 grm Wasser-Extr. bei 110° = 1·314 Proc.
2) 117 grm frisches Organ = 0·4246 grm Asche = 0·362 Proc.
3) 70 Ccm Aschenlösung:
a) für 35 Ccm Aschenl. verbr. 8·0 Ccm Uranl. = 8 × 0·005 = 0·040 grm P^2O^5.
a) für 70 Ccm Aschenl. verbr. 2 × 0·04 = 0·08 grm P^2O^5 = 0·068 Proc.

B. Gereizt:

1) 93·5 grm frisches Organ = 1·5469 Wasser-Extr. = **1·65** Proc. Wasser-Extr.
2) 93·5 grm frisches Organ = 0·3188 grm Asche = **0·34** Proc. Asche.
3) 70 Ccm Aschenlösung:
a) für 35 Ccm Aschenl. verbr. 10 Ccm Uranl. = 10 × 0·005 = 0·05 grm P^2O^5.
b) also in 70 Ccm Aschenlösung verbraucht 2 × 0·05grm P^2O^5 = 0·1 = **0·1069** Proc. P^2O^5.

Versuch 4.

A. Nichtgereizt:

1) 92 grm frisches Organ = 1·4544 grm Wasser-Extr. = **1·58** Proc. Wasser-Extr.
2) 92 grm frisches Organ = 0·3282 grm Asche = **0·356** Proc. Asche.
3) 50 Ccm Aschenlösung.
a) für 25 Ccm Aschenl. verbr. 6·5 Ccm Uranl. = 6·5 × 0·005 P^2O^5 = 0·0325 grm P^2O^5.
b) also in 50 Ccm Aschenl. verbr. 2 × 0.0325 grm P^2O^5 = 0650 grm P^2O^5 = **0.0706** Proc. P^2O^5.

B. Gereizt:

1) 113 grm frisches Organ = 1·5459grm Wasser-Extr. **1·367** Proc. Wasser-Extr.
2) 113 grm frisches Organ = 0.3873 grm Asche = **0.342** Proc. Asche.
3) 50 Ccm Aschenlösung.
a) für 25 Ccm Aschenl. verbr. 10·5 Ccm Uranlösung = 10·5 × 0·005 = 0·0525 grm P^2O^5.
b) also in 50 Ccm Aschenl. verbr. 2 × 0·0525 grm P^2O^5 = 0·1050 = **0·093** Proc. P^2O^5.

Versuch 6.

A. Nichtgereizt:

1) 65 grm frisches Organ = 1·136 grm Wasser-Extract = 1·747 Procent.

2) 65 grm frisches Organ = 0·209 grm Asche = 0·321 Procent.
3) Die Aschenlösung entsprach

$$0 \cdot 08125 \text{ grm } P^2O^5 = 0 \cdot 125 \text{ Procent } P^2O^5.$$

B. Gereizt:

1) 59 grm frisches Organ = 1·034 grm Wasser-Extract = 1·75 Procent.
2) 59 grm frisches Organ = 0·186 grm Asche = 0·315 Procent.
3) Die Aschenlösung entsprach

$$0 \cdot 0815 \; P^2O^5 = 0 \cdot 137 \text{ Procent } P^2O^5.$$

Beobachtungen über die Athmung des Igels während des Winterschlafes.

Von

Paul Bongers,
stud. med.

(Aus dem physiologischen Institut zu Königsberg.)

Die periodisch aussetzende Athmung, die unter pathologischen Bedingungen bekanntlich in der Form des Cheyne-Stokes'schen Phaenomens auftritt, kann auch unter physiologischen Verhältnissen, ohne vorherige Verletzung des Organismus, beobachtet werden. So sahen dieselbe: A. Mosso[1] beim tief schlafenden Menschen und bei dem seinen Winterschlaf haltenden Myoxus avellanarius L. und Fano[2] bei der gleichfalls schlafend überwinternden Schildkröte.

Im Winter des vorigen Jahres machte Hr. Dr. Langendorff mich darauf aufmerksam, dass ein in Winterschlaf versunkener Igel (Erinaceus europaeus L.) ebenfalls jenen seltsamen Respirationsmodus zeigte, und trug mir auf, die Athmung des Thieres einer genaueren graphischen Untersuchung zu unterziehen.

Das Thier schlief anfangs November 1883 ein und verharrte bis in den Mai 1884 hinein in seinem Schlafe, der nur wenige Male durch ganz kurze Pausen unterbrochen wurde. Das Thier lag im ungeheizten Zimmer auf einem Heulager auf der Seite, mässig zusammengerollt, so dass der Kopf deutlich zu sehen war. Zur Registrirung seiner Athmung wurden

[1] Ueber die gegenseitigen Beziehungen der Bauch- und Brustathmung. *Dies Archiv.* 1878. S. 451 ff.

[2] Sulla respirazione periodica ec. *Lo Sperimentale.* 1883.

ihm die Spitzen seiner stark gespreizten Stacheln an einer Stelle der Abdominalgegend abgeschnitten, so dass ein einigermaassen ebener Fleck hergestellt wurde. Auf diesem ruhte eine schmale Glasplatte, die an den Hebel einer Marey'schen Trommel angekittet war. Letztere war durch einen Schlauch mit einer zweiten Marey'schen Trommel verbunden, die den Schreibhebel trug. Dieser (ein mit Aluminiumspitze versehenes Stückchen Schilfrohr) zeichnete mit geringer Reibung auf eine Baltzar'sche Trommel von 50^{cm} Umfang und einer, wie öftere Controle zeigte, gleichmässigen Umdrehungsgeschwindigkeit von 12′. In mehreren Fällen wurde eine selbstthätige Senkung der Trommel eingeschaltet. Auf diese Weise erhielt ich zahlreiche Athmungsbilder, von denen ich eins hier (Fig. 1) in

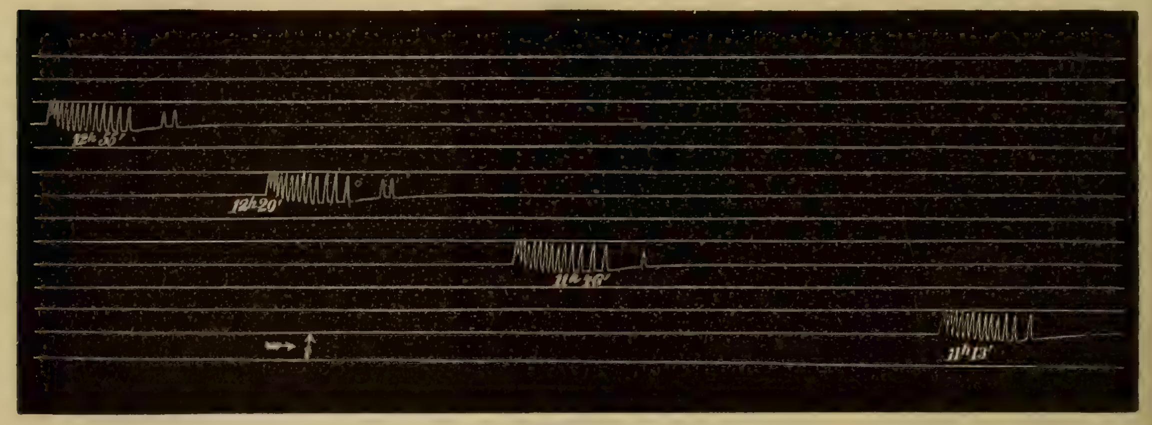


Fig. 1.

Athmungscurven des winterschlafenden Igels. Ausschnitt aus einer grösseren Zeichnung. Die Curve ist in der Richtung der beiden Pfeile von links nach rechts und von unten nach oben zu lesen. Trommelumfang 500^{mm}. Umdrehungsgeschwindigkeit 12′. Unter jeder Gruppe ist die Zeit des Eintritts derselben verzeichnet.

verkürzter Form mittheile. Auf allen Zeichnungen sieht man Gruppen, an denen sich niemals die aufsteigende, sehr selten die absteigende Treppe beobachten lässt. In einem Falle erhielt ich Gruppen, in denen die in der Mitte befindlichen Athemzüge die niedrigsten waren, während sie auf beiden Seiten an Höhe zunahmen, so dass sowohl die Anfangs- als auch die Schlussathmungen als die tiefsten erschienen.

Das eigentlich Bemerkenswerthe an diesen Curven ist aber die ausserordentliche Länge der die einzelnen Gruppen trennenden Pausen.

A. Mosso[1] beobachtete beim Siebenschläfer Pausen von 12—16″, längere Pausen sah z. B. Hr. Dr. Langendorff[2] bei Fröschen, deren

---

[1] A. a. O. S. 451.

[2] „Studien über die Innervation der Athembewegungen.“ Dritte Mittheilung: „Ueber periodische Athmung bei Fröschen.“ Nach Versuchen von Dr. G. Siebert. *Dies Archiv.* 1881. S. 252.

Blut durch 0·75 % NaCl-Lösung ersetzt war und bei denen die Thätigkeit der Respirationsmuskeln bis 3′ aussetzte. Der untersuchte Igel zeigte jedoch Athmungspausen von 32—45 Minuten. Worauf die innerhalb dieser Grenzen vorkommenden Schwankungen der Pausendauer beruhten, liess sich nicht ermitteln. Am 8. Januar 1884 ergab die Beobachtung Pausen von circa 40′ und Gruppen von 17—18 Athemzügen bei einer Zimmertemperatur von 10° C. Tags darauf sah ich Pausen von 33—34′ bei 15 bis 17 Athemzügen und 10° C. Am 4. April dauerten die Pausen 38 bis 40′ bei 12—13 Athemzügen in der Gruppe und 10° C. Man sieht aus diesen drei Beispielen, in denen zufällig die Temperatur die gleiche ist, dass man weder die Zahl der Athemzüge in der Gruppe noch die Jahreszeit mit der Länge der Pausen in Beziehung zu setzen vermag. Doch ist ja überhaupt der Unterschied in der Dauer der Pausen kein so bedeutender, besonders wenn man die grosse Länge, die einer Pause allein zu kommt, berücksichtigt. Geradezu wunderbar ist es aber, wie genau innerhalb kürzerer Zeiträume, z. B. während eines Tages die Pausenlängen einander

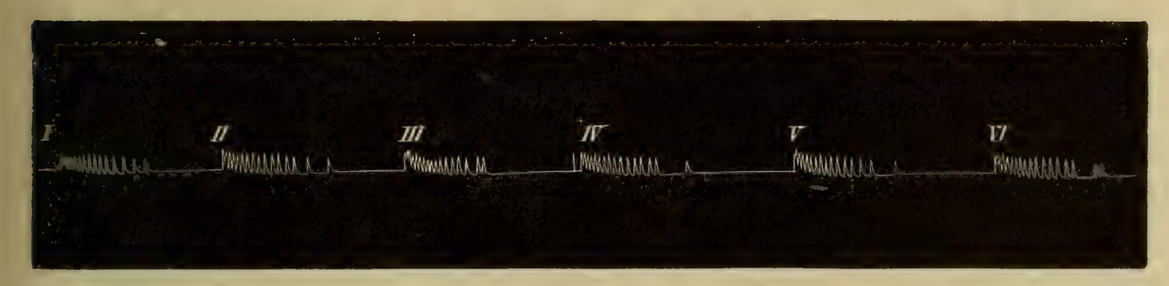


Fig. 2.

entsprechen. So beobachtete ich am 9. Januar den Igel ca. 4 Stunden lang und fand, dass in dieser Zeit die Pausen 32—34′ dauerten; und so exact traten die einzelnen Gruppen ein, dass ich nach Beendigung einer Gruppe die Zeichentrommel anhalten und sie während 31′ ruhen lassen konnte. Setzte ich nach dieser Zeit den Apparat wieder in Bewegung, so erschien nach ungefähr 1′ die folgende Athemgruppe. Ich theile die so erhaltene Zeichnung mit und füge die für die einzelnen Gruppen geltenden Zeitangaben bei (Fig. 2.)

I.	8^h 30′	Gruppe	von	15	Athemzügen
II.	9^h 4′	„	„	16	„
III.	9^h 38′	„	„	17	„
	10^h 10′	„	verpasst		
IV.	10^h 42′	Gruppe	von	16	Athemzügen
V.	11^h 14′	„	„	16	„
VI.	11^h 47′	„	„	18	„

Da auch bei angehaltenem Uhrwerk der Zeichenhebel mit der berussten Cylinderfläche in Berühung war, so ist es ausgeschlossen, dass die eine oder die andere Gruppe übersehen wurde. Nur einmal, als ich das Versuchszimmer verlassen musste, fiel eine Gruppe aus und diese markirt sich auf der Figur durch einen senkrechten Strich (vor IV.)

Nun liegt es in der Hand des Experimentators die Dauer der Pausen durch ganz einfache Mittel zu modificiren. Verkürzen kann man sie zunächst dadurch, dass man das Thier allmählich in schonender Weise erwärmt. Dies versuchte ich mehrere Male mit dem besten Erfolge am 18. Januar. Ich begann etwa um 11^h 30′ das Thier zu beobachten. Die Gruppen zeigten 22—23 Athemzüge, die Pausen dauerten ca. 30′ bei einer Zimmertemperatur von 10·5° C. Um 1^h wurde der Ofen, in dessen Nähe das Thier schlief, tüchtig geheizt, zwei im Zimmer befindliche Gasflammen angezündet und die Thür zum gut geheizten Nebenzimmer geöffnet.

Bis gegen 4^h war die in der Nähe des Thieres abgelesene Temperatur allmählich auf 17° C. gestiegen. Die Dauer der Athemgruppen hatte sich unterdessen noch nicht merklich verändert; sie betrug noch immer ca. 30′. Doch waren die Gruppen wesentlich anders geworden. Die Zahl der Athemzüge in der Gruppe, die zu Beginn des Versuches 22—23 betragen hatte, stieg allmählich auf 40—45 pro Gruppe.

Nach 4^h veränderte sich plötzlich das ganze Respirationsbild. Die Dauer der Pausen sank von einer Gruppe zur anderen von 23′ 30″ auf 21′ 30″; die Zahl der Athemzüge innerhalb der Gruppe von 50 auf 26. Bis 6^h 30′ erhob sich die Temperatur auf 19° C. Unterdessen war die Länge der Pausen und die Zahl der Athemzüge sehr schwankend. Die Dauer der Pausen wechselte zwischen 22′ und 8′. Die Zahl der Athemzüge zwischen 26 und 9 und zwar so, dass meist eine lange Pause und Gruppe mit einer kurzen Pause und Gruppe alternirten. Um $^1/_2$7 Uhr schien eine neue Phase des Schlummers zu beginnen. Es trafen schnell hintereinander kleine Gruppen ein, auf die in längeren Zwischenräumen grössere Gruppen folgten. Kurz nach 8 Uhr zeigten sich fünf Gruppen von fünf bis sechs Athemzügen, die durch Pausen von 2·5—3′ getrennt waren. Dann wurde das Thier unruhig und fing an, rhythmisch zu athmen, jedoch in Athemzügen von unregelmässiger Höhe. Schliesslich gegen 10^h holte das Thier tief und regelmässig Athem. — Als ich am nächsten Morgen das Versuchszimmer betrat, war das hingestellte Futter zum Theil verzehrt. Der Igel schlief aber bereits wieder, trotzdem die Zimmertemperatur noch immer eine beträchtliche Höhe hatte (ca. 18° C.)

Ein zweites Mittel, die Dauer der Pausen zu verändern, bietet eine

kurz dauernde leichte Reizung des Thieres während der Athmungsruhe. Die in diesem Sinne angestellten Reizversuche lieferten folgende Tabelle:

Versuch.	Zeit.	Reizung nach	Gruppe von	Zeit bis zur nächsten Gruppe.
I.	9h 38′		15 Athemzügen	35′
	10h 8′		16 „	(13′)[1]
	21′	13′	15 „	**46′**
	11h 7′		20 „	35′
	42′		19 „	(6′)
	48′	6′	16 „	**49′**
II.	10h 35′		17 „	34′
	11h 9′		16 „	(4′)
	13′	4′	14 „	**49′**
	12h 3′		17 „	33′
	36′		15 „	(7″)
	Gleich darauf	7″		34′

Aus diesen Angaben geht hervor, dass 1. durch Reizung in der Pause reflectorisch Gruppen ausgelöst werden, 2. dass die denselben folgenden Pausen abnorm lang sind. Es scheint also die künstliche Verkürzung einer Pause durch Verlängerung der folgenden compensirt zu werden.

Was nun den ersten Punkt anlangt, so sind die durch Reizung hervorgerufenen Gruppen den gewöhnlichen in Betreff der Zahl und Tiefe der Athemzüge wesentlich gleich, nur werden sie stets durch einen bedeutenden Ausschlag des Zeichenhebels eingeleitet, der auf einer reflectorischen Zuckung des gereizten Thieres beruht. Wie aus der Tabelle hervorgeht und wie ich auch sonst zu constatiren Gelegenheit hatte, rufen Reize 13′, 6′, 4′ ja sogar 3′ nach Beendigung einer Gruppe eine neue Gruppe hervor. Tritt der Reiz jedoch noch früher ein, so bleibt er vollständig wirkungslos, höchstens ist er von einem bis zwei schwachen Athemzügen begleitet. Dies Resultat stimmt sehr gut zu den Beobachtungen des Hrn. Dr. Langendorff[2] an Fröschen mit unterbundener Aorta. Auch bei diesen Thieren traten nach Reizen, die nicht zu bald auf eine Gruppe folgten, ganze Gruppen von Athemzügen auf. Doch in einem dem hier geschilderten viel ähnlicheren Falle, nämlich bei winterschlafenden Schildkröten, erhielt

[1] Die eingeklammerten Zahlen der 5. Reihe, die denen der dritten entsprechen, bedeuten die durch den Eintritt des Reizes verkürzten Pausen; die fetten Zahlen sind die durch die Wirkung des Reizes verlängerten Pausen.

[2] A. a. O. S. 247.

Fano durch mechanische Reizung weder eine Gruppe noch überhaupt einen Athemzug.

Wie schon berichtet, erwachte der Igel zu Anfang Mai aus seinem Winterschlafe, starb jedoch nach ein paar Tagen, ohne dass weitere Versuche an ihm hätten vorgenommen werden können. Die Section gab über die Todesursache keinen Aufschluss.

Zu derselben Zeit wurden dem Institute zwei Igel eingeliefert: ein ganz junges Thier, das sich noch im winterschlafenden Zustande befand und die schönsten Gruppen zeigte, und ein alter männlicher Igel, der völlig munter war.

Um nun zu sehen, ob bei Winterschläfern durch narkotische Mittel ein dem Winterschlaf ähnlicher Zustand erzeugt werden könne, wurden dem letzteren Thiere 0·4—0·5^{grm} Chloralhydrat subcutan gegeben. Der so erzeugte Zustand wich vom natürlichen Winterschlaf um ein Beträchtliches ab. Während das überwinternde Thier zusammengekugelt und mit gesträubten Stacheln dagelegen hatte, fehlte bei dem vergifteten Igel jeder Muskeltonus. Die Körperhaltung war schlaff, die Stacheln lagen dem Körper glatt an. Die Reflexerregbarkeit des Thieres war in den ersten Stunden der Narkose eine sehr geringe. Doch reagirte es sehr exact und lebhaft auf akustische Reize, während bei dem winterschlafenden Igel durch hohe Töne keinerlei Reflexe hervorgerufen werden konnten. Später verschwanden alle Reflexe.

Doch die Hauptsache ist, dass das Thier nicht periodisch, sondern rhythmisch athmete. Freilich sank die Frequenz in wenigen Stunden auf sechs, vier und weniger Athemzüge in der Minute. Sechs Stunden nach Beginn der Narkose waren die einzelnen Athemzüge durch Pausen von 90″ getrennt. Nach weiteren 18 Stunden war die Respiration rhythmisch, sehr frequent, flach und röchelnd. Die Körpertemperatur war sehr niedrig (24° C.). Schliesslich erholte sich das Thier vollständig. Aus all' den hier angeführten Merkmalen geht hervor, dass der Zustand des Igels in der Narkose vom Befinden im Winterschlafe sehr abweicht, und dass eine Eigenthümlichkeit des letzteren die periodische Athmung ist.

Königsberg, im Mai 1884.

Ueber die lähmende Wirkung des Strychnins.

Von

Paul Bongers,
stud. med.

(Aus dem physiologischen Institut zu Königsberg.)

Neben der bekannten Eigenthümlichkeit des Strychnins, die Erregbarkeit des Rückenmarks zu steigern, eventuell dasselbe zu erregen, hat eine andere nicht minder wichtige Eigenschaft dieses Giftes bislang nicht die genügende Beachtung gefunden, nämlich seine Fähigkeit, in grossen Gaben, ähnlich wie das Curare, die Endigungen der motorischen Nerven zu lähmen. Die Aufgabe der vorliegenden Abhandlung ist es nun, einmal die bis jetzt über die angedeutete Eigenschaft des Giftes gemachten Beobachtungen kurz zusammenzustellen, sodann die Richtigkeit derselben experimentell zu bestätigen.

Einer der ersten, der die Endigungen motorischer Nerven durch Strychnin gelähmt werden sah, war wohl Johannes Müller,[1] der in folgender Weise verfuhr: Er entfernte alle Muskeln und Gefässe von einem Oberschenkel eines Frosches und liess nur den Nerven intact. Sodann vergiftete er das Thier mit Nux vomica. Bald stellten sich Krämpfe ein, die nach einiger Zeit vollständig erloschen, ausser in dem präparirten Bein, dessen Unterschenkel noch immer die lebhaftesten Zuckungen zeigte, trotzdem er vom Kreislauf ausgeschlossen war und also ungünstigere Existenzbedingungen hatte, als der übrige Körper. Dasselbe konnte durch ganz ähnliche Experimente W. Arnold[2] in seinen „Versuchen über die Wirkung der Krähenaugen auf das Nervensystem“ constatiren.

---

[1] *Handbuch der Physiologie des Menschen.* Coblenz 1844. Bd. I. S. 549—550.
[2] *Hygiea.* Bd. XIV. Hft. 3. (Nach Kölliker citirt).

Auch Matteucci[1] fand, dass nach einer Strychninvergiftung die Erregbarkeit der motorischen Nerven vollständig verschwunden war, während die Muskeln auf die gewöhnlichen Reize reagirten. Dies bestätigte A. Moreau. 1857 veröffentlichte Hr. Prof. v. Wittich[2] einige Versuche, die an dieser Stelle erwähnt werden müssen und die ich im Folgenden in möglichst wortgetreuer Uebersetzung wiedergeben werde: „Meine Versuche mit Strychninlösungen wurden in der Art unternommen, dass unter Schonung des ganzen übrigen Organismus auf der einen Seite der N. ischiadicus, auf der anderen Seite Knochen und Muskeln ohne den Nerven durchschnitten wurden. Bisweilen wurden auch Haut, Muskeln und Nerv durchtrennt, Knochen und die grossen Gefässstämme erhalten. Es ist wohl allgemein beobachtet, dass schon durch kleine Strychnindosen bei Fröschen die Vergiftungserscheinungen erzeugt werden; dennoch bediente ich mich bei meinen Versuchen nur grösserer Giftmengen, die den Thieren bald per os, bald per anum beigebracht wurden. Der Tetanus tritt sogleich ein, nach grossen Dosen geht er auch gleich vorüber; die Thiere befinden sich dann in einem lethargischen Zustande und selbst die stärksten Reize lösen keinerlei Reflexbewegungen aus. Legt man hierauf die Spinalnerven frei und reizt sie mechanisch oder elektrisch, so erzeugen sie keinerlei Muskelcontractionen, während hingegen die Muskeln selbst bei leisesten Reizen sich lebhaft zusammenziehen. Gewöhnlich nimmt man als Grund hierfür das vom Centrum zur Peripherie sich ausbreitende Absterben des Nervensystems an; ausserdem glaubt Koelliker,[3] dass das Gift durch das Blut nicht direct auf die peripheren Nerven wirke, sondern dass dieselben nur durch das Centrum beeinflusst würden. Was nun grosse Gaben salpetersauren Strychnins anlangt, so muss ich hiergegen nachdrücklichen Widerspruch erheben; meist jedoch wird auch schon durch 0·003^{grm} Strychn. nitr. jener Erfolg erzielt. Obgleich der vor der Vergiftung durchschnittene Nerv seine Reizbarkeit etwas länger bewahrt als der Nerv der anderen Seite, der mit dem Centrum in Zusammenhang steht, so bleibt er doch nicht so lange erregbar als ein unvergifteter, und nach kurzer Zeit, meist schon nach 15′, ist der zu Beginn des Experimentes durchschnittene Nerv vollständig todt und weder mechanische noch elektrische Reizung desselben kann die von ihm versorgten Muskeln zur Thätigkeit anregen.“

Ganz ausführlich und jeden möglichen Einwand widerlegend behandelten

---

[1] *Traité des phénomènes électro-physiologiques.* Paris 1844. p. 213.

[2] *Experimenta quaedam ad Halleri doctrinam de musculorum irritabilitate probandam instituta.* Regiomonti Pr. 1857. p. 11—12.

[3] Kölliker's Ansicht wird von mir weiterhin noch ausführlicher besprochen.

dann im Jahre 1860 Martin-Magron und Buisson[1] den in Rede stehenden Gegenstand. Ich lernte ihre Mittheilungen erst nach Beendigung der vorliegenden Experimente kennen. Die Anordnung letzterer stimmt mit der, welche die französischen Forscher ihren Versuchen gegeben haben einigermaassen überein, auch sind meine Ergebnisse den ihrigen durchaus ähnlich.

In neuester Zeit erschien noch ein Aufsatz von Vulpian,[2] in welchem er darthut, dass auch bei Säugethieren durch grosse Strychnindosen die motorischen Nervenendigungen gelähmt werden.

Dass nun eine von so zahlreichen Forschern vertretene Ansicht keine allgemeine Anerkennung gefunden hat, beruht wohl zum Theil darauf, dass auch ihre Gegner zahlreich sind. Als der hauptsächlichste unter denselben ist Koelliker[3] zu nennen; nach diesem wirkt das Strychnin durch das Blut nicht im mindesten auf die motorischen Nerven, sondern lähmt sie durch Ueberreizung beim Tetanus derart, dass sie entweder nur schwach oder gar nicht wirksam sind.

Derselben Ansicht ist Pelikan,[4] der bei Hunden und Kaninchen einen N. ischiadicus durchschnitt, die Thiere mit Strychnin vergiftete und noch 25′, nachdem alle übrigen Nerven unerregbar waren, durch Reizung des durchschnittenen N. ischiadicus Zuckungen erzeugte. (Dies Experiment erklärt sich vielleicht dadurch, dass minimale Strychninmengen angewandt wurden).

Um nun die lähmende Eigenschaft des Strychnins zu beweisen, unternahm ich auf Anregung und unter Leitung des Hrn. Dr. Langendorff die folgenden Versuche, zu denen ich mit einer $^1/_2$ procent. Lösung salpetersauren Strychnins vergiftete Frösche (Rana esculenta) verwandte. Das Gift wurde den Thieren mittelst einer 1^{Ccm} fassenden Pravaz'schen Spritze theils in den Lymphsack, theils in centripetaler Richtung in die Vena abdominalis media injicirt. Im letzteren Falle wurde nach der Einspritzung das Gefäss unterbunden und die Bauchwunde zugenäht. Die Nerven wurden mechanisch (durch Abbinden) und mittelst pincettenförmiger Elektroden geprüft, die den Strom von der secundären Rolle eines du Bois-Reymond'schen Schlittenapparates erhielten, der durch ein Daniell'sches Element in Thätigkeit gesetzt war.

Ich habe nun nachzuweisen, einmal dass auf Strychninvergiftung Läh-

---

[1] Action comparée de la Strychnine et du Curare. *Journal de la Physiologie de l'homme et des animaux, publié par* Brown-Séquard. Paris 1860. Tome III. p. 342—355.

[2] *Comptes rendus* etc. 1882. T. XCIV. p. 555 et suiv.

[3] Virchow's *Archiv* u. s. w. Berlin 1856. Bd. X. S. 239—241.

[4] *Ebenda.* Berlin 1857. Bd. XI. S. 405.

mung der motorischen Nerven erfolgt, sodann dass dieselbe nicht auf Ueberreizung durch den Strychnintetanus beruht. Demgemäss zerfallen meine Versuche in folgende Abtheilungen:

I. Nachweis, dass auf Strychninvergiftung Lähmung folgt.

II. Nachweis, dass dieselbe durch das Strychnin direct erzeugt ist.

A. Durch Ausschliessung des Tetanus.

1) Nach Durchschneidung beider Ischiadici.

2) Nach Durchschneidung eines Ischiadicus.

3) Nach Zerstörung des Rückenmarkes.

B. Durch Vergleichung der vergifteten Extremität eines Thieres mit der von der Circulation ausgeschlossenen.

Die Experimente aller Abtheilungen sind wiederholt angestellt und haben stets den hier mitgetheilten Ausgang gehabt.

I.

4. April 1884.

$12^h 43'$. Ein Frosch wird durch Einführung des Giftes in den Lymphsack vergiftet.

$12^h 47'$. Krämpfe, die sogleich verschwinden. Nun wird ein N. ischiadicus freigelegt und abgebunden. Die dazu gehörigen Muskeln bleiben dabei unbeweglich.

$12^h 52'$. Der Nerv wird elektrisch gereizt; erst bei 10^{cm} Rollenabstand erfolgt eine Zuckung.

$12^h 58'$. Der Nerv ist selbst durch die stärksten Ströme nicht erregbar. Gleichzeitig wird der andere Ischiadicus, der unterdessen praeparirt war, untersucht; er ist vollständig unerregbar. Darauf wurden die Muskeln einer Prüfung durch den elektrischen Strom unterworfen. Sie wurden durch ganz schwache Ströme zur lebhaften Contraction gebracht.

Also höchstens 15′ nach erfolgter subcutaner Vergiftung haben die motorischen Nerven ihre Erregbarkeit eingebüsst, während die Muskeln dieselbe bewahrt haben. Handelte es sich dabei um eine Lähmung aus Erschöpfung, so wäre zu erwarten gewesen, dass die Muskeln früher ermüden würden, als die dazu gehörigen Nerven, da die Erschöpfbarkeit ersterer nach den Untersuchungen Bernstein's grösser ist, als die der letzteren.

Dazu kommt, dass die Krämpfe durchaus nicht immer der Lähmung vorausgehen müssen, sondern sie können, wie sich leicht zeigen lässt, vollständig fehlen, ohne dass darum die Lähmung ausbleibt.

II. A.

1) 26. März 1884. Einem Frosche werden beide Nn. ischiadici durchschnitten.

12^h 50′. Injection des Giftes.
12^h 53′ 30″. Die Krämpfe stellen sich ein.
12^h 55′. Beide Nerven erregbar.
12^h 58′. Beide Nerven unerregbar.

2) 5. April 1884. Einem Frosche wird ein Ischiadicus durchschnitten.
10^h 28′. Vergiftung. Sofort Krämpfe, die bald vorübergehen.
10^h 40′. Der unverletzte Nerv wird praeparirt. Die Unterbindung bewirkt keine Zuckung.
10^h 43′. Der periphere Stumpf ist gegen elektrische Reizung unempfindlich. Der vor der Vergiftung durchschnittene Nerv ist schwach erregbar (bei 8^{cm} Rollenabstand).
10^h 45′. Er ist gleichfalls unerregbar.

So hatten die vorausgegangenen Krämpfe eine Differenz von ca. 2′ bewirkt.

3) 5. April 1884. Einem Frosche wird ein Einstich in's Schädeldach gemacht und von da aus das Rückenmark vorsichtig ausgebohrt. In die so entstandene Oeffnung wird ein Stückchen Holz gesteckt, um eine grössere Blutung zu verhindern.
11^h 2′. Der Frosch wird vergiftet.
11^h 9′. Der Ischiadicus wird abgebunden; das Bein zuckt nicht.
11^h 11′. Der Nerv ist schwach elektrisch erregbar (bei 11^{cm} Rollenabstand).
11^h 19. Der Nerv ist völlig unerregbar. Der andere Nerv wird praeparirt; er verursacht gleichfalls keine Zuckung beim Abbinden.
11^h 22′. Er ist elektrisch unerregbar.

Aus diesen Experimenten ergiebt sich wohl unzweideutig, dass nicht die Krämpfe an dem raschen Absterben der Nerven schuld sind, sondern dass das Gift primär wirkt. Wären die Krämpfe überhaupt im Stande, die nervösen Elemente in einer oder einigen Stunden zu zerstören, wie wollte man es dann erklären, dass Frösche, die in eine ganz verdünnte Strychninlösung gesetzt werden, darin acht Tage lang unter fast fortwährenden Streckkrämpfen erhalten werden können und dass schwach vergiftete Frösche zuweilen bis 15 Tage lang am Leben bleiben und während der ganzen Zeit bei geringen äusseren Reizen in Tetanus verfallen, wie dies von Pelikan gesehen und mitgetheilt worden ist! Wie kommt es, dass der nervöse Apparat in einem Falle dem ertödtenden Einfluss der

Krämpfe länger als zwei Wochen widersteht, in dem anderen Falle demselben schon nach wenigen Minuten unterliegt?!

II. B.

Der folgende Versuch zeigt, dass ein Nerv ohne wesentliche Einbusse seiner Erregbarkeit am Strychnintetanus theilnehmen kann, wenn nur seine peripheren Endigungen vor der Berührung mit dem vergifteten Blute geschützt werden.

4. April 1884. Um einen Oberschenkel eines Frosches wird ein starker Faden geschlungen und zwar so, dass derselbe unter dem emporgehobenen N. ischiadicus hinweg zieht; dann wird die Schlinge zugezogen und die Extremität abgeschnürt, ohne dass der Nerv dabei irgendwie alterirt wird.

10^h 31′. Injection des Giftes. Sofortiges Auftreten der Krämpfe.

10^h 34′. Die tetanischen Zukungen des abgeschnürten Beines überwiegen bereits.

10^h 40′. Das nicht unterbundene Bein liegt schlaff da. Das andere zeigt schwachen Tetanus und andauernde Einzelzuckungen.

10^h 50′. Die Einzelzuckungen dauern fort. Man sieht unter der Haut das Spielen der Wadenmusculatur. Das andere Bein liegt regungslos da.

Dies Experiment beweist ausserdem noch, dass die Erregbarkeit des Rückenmarks und der sensiblen Nerven die der motorischen Nerven und deren Endapparate überleben kann, da ja sonst in der vergifteten Extremität der Ruhezustand nicht hätte früher eintreten können, als in der dem Kreislauf entzogenen. Die Krämpfe würden also viel länger dauern, als es in der That der Fall ist, wenn das Verschwinden derselben durch die Ermüdung des Rückenmarks und die Ueberreizung der motorischen Nerven bedingt wäre.

So wäre der lähmende Einfluss des Strychnins auf die motorischen Nerven dargethan und neben seiner Eigenschaft, die Erregbarkeit des Rückenmarks zu steigern, eine neue erwiesen.

Königsberg, im Mai 1884.

Anmerkung des Herausgebers. Die oben gegebene Litteratur ist dahin zu vervollständigen, dass H. Roeber in seiner letzten Arbeit die Ueberlegenheit des Pikrotoxins als tetanisirenden Giftes darauf zurückgeführt hat, dass es nicht wie Strychnin die Nervenendigungen lähmt. (*Dies Archiv*, 1870. S. 615).

Ueber die Abhängigkeit der Erregungs-Vorgänge von dem zeitlichen Verlaufe der zur Reizung dienenden Elektricitäts-Bewegungen.[1]

Von

Prof. v. Kries.

Aus dem physiologischen Institut zu Freiburg i. B.

(Hierzu Taf. V.)

Als charakteristische Eigenthümlichkeit der Art und Weise, wie der elektrische Strom auf die Nerven erregend wirkt, ist seit langer Zeit bekannt, dass nicht die gleichmässige Dauer desselben, sondern seine zeitlichen Veränderungen als Reize in Betracht kommen. „Nicht der absolute Werth der Stromdichtigkeit in jedem Augenblicke ist es, auf den der Bewegungsnerv mit Zuckung des zugehörigen Muskels antwortet, sondern die Veränderung dieses Werths von einem Augenblick zum andern, und zwar ist die Anregung zur Bewegung, welche diesen Veränderungen folgt, um so bedeutender, je schneller sie bei gleicher Grösse vor sich gingen, oder je grösser sie in der Zeiteinheit waren.“ In dieser Form sprach du Bois-Reymond das Gesetz im Jahre 1845 aus.

Bei der principalen Stellung, welche der elektrische Strom als Erregungsmittel für Nerven aller Art von jeher eingenommen hat, lag der

[1] Die wichtigsten Ergebnisse der im Folgenden mitgetheilten Untersuchung sind bereits im April d. J. unter gleichem Titel in den *Berichten der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. B.* Bd. VIII. in kurzer Zusammenstellung gedruckt worden. Bei allen Versuchen hatte ich mich der dankenswerthen Unterstützung meines Assistenten, des Hrn. cand. med. Bartenstein, zu erfreuen.

Wunsch nahe, dieses Fundamentalgesetz der elektrischen Wirkung genauer, namentlich auch quantitativ, formuliren zu können, und ebenso die Hoffnung, durch vollständigere Ermittelung desselben auch über das Wesen des Erregungsvorganges und der elektrischen Reizwirkungen Manches in Erfahrung zu bringen. Die Bereicherung unserer Kenntnisse, welche die seit damals verflossenen Jahrzehnte gebracht haben, ist aber keine sehr erhebliche zu nennen. Gewisse Fälle sind bekannt geworden, in welchen das ganze Gesetz nicht vollkommen zutreffend ist, vielmehr auch der constante Strom während seiner Dauer anhaltende Erregungen hervorzubringen vermag. Es mag genügen, hier an die Beobachtungen von Grützner[1] und Frey[2] zu erinnern. Durch den Nachweis einer Anzahl von Ausnahmen ist indessen die Bedeutung des du Bois-Reymond'schen Grundgesetzes selbstverständlich nicht verringert, und die Aufgabe eines genaueren Studiums desselben weder gelöst noch beseitigt. Für die eigentliche Hauptfrage aber, wie sich die Abhängigkeit der Reizwirkungen von dem zeitlichen Verlauf der elektrischen Bewegung gestalte, haben wir nur wenige Beiträge zu verzeichnen. Der Grund hierfür lag nicht in mangelndem Interesse, sondern vielmehr in der methodischen Schwierigkeit, Elektricitätsbewegungen von beliebigem zeitlichem Verlauf herzustellen. Die bisherigen Ermittelungen gehen daher auch so weit, als es die bekannten Hülfsmittel gestatten. Wir hätten hier zunächst eine Anzahl von Arbeiten zu erwähnen, welche die verschiedenen Wirkungen des Oeffnungs- und Schliessungs-Inductions-Schlages aus den Verschiedenheiten ihres zeitlichen Verlaufes zu verstehen lehrten.[3] Sodann sind hier die Untersuchungen von Fick[4] zu erwähnen, bei welchen sehr kurz dauernde Ströme, sogenannte Stromstösse, zur Reizung verwendet wurden. Wir haben in diesen Versuchen eine wirkliche Variirung des zeitlichen Verlaufes, aber freilich nicht in der voraussichtlich wichtigsten Beziehung, der Steilheit der Veränderung; die letztere ist vielmehr nicht unabhängig von der zu erreichenden Stromintensität variirbar, sondern theilt allemal die enorm

---

[1] P. Grützner, Ueber verschiedene Arten der Nerven-Erregungen. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1878. Bd. XVII.

[2] M. v. Frey, Ueber die tetanische Erregung von Froschnerven durch den constanten Strom. *Dies Archiv.* 1883. S. 43.

[3] Nach du Bois-Reymond (*Monatsberichte der Berliner Akademie* 1862) hat zuerst Jos. Henry die Verschiedenheit in der physiologischen Wirkung der Oeffnungs- und Schliessungs-Inductionsschläge durch die Einmischung der Extraströme erklärt. Die genaue Bestimmung des zeitlichen Verlaufes der Inductionsströme verdanken wir bekanntlich Helmholtz. Poggendorff's *Annalen.* 1851. Bd. LXXXIII.

[4] Fick. Untersuchungen über elektrische Nervenreizung. 1864.

Bohr[1] und Bernstein[2], welche den Einfluss der in der Zeiteinheit applicirten Zahl gleichartiger Reize (Inductionsschläge) auf die Reizwirkungen feststellten. Indessen handelt es sich hier vorzugsweise um die Ermittelung einer Eigenschaft des Muskels, so lange vorausgesetzt werden darf, dass jeder einzelne Reiz im Nerven dieselbe, von der Frequenz unabhängige Wirkung hervorbringt. Sobald diese Voraussetzung nicht mehr zutrifft (was z. B. immer der Fall ist wenn die Dauer des einzelnen Reizes im Vergleich zu dem Intervall eine erhebliche ist) wird die Deutung der Resultate eine sehr schwierige werden müssen, weil die Wiederholung gleichartiger Reize mehr und mehr in einen Oscillationsvorgang übergeht.

Als den wichtigsten methodischen Fortschritt auf dem ganzen Gebiet muss wohl Fleischl's Erfindung, das Orthorheonom, betrachtet werden.[3] Dasselbe gestattet in mässigen Zeiten die dem Nerven zugeführte Stromintensität in einer der Zeit genau proportionalen Weise und innerhalb gewisser Grenzen mit beliebiger Geschwindigkeit wachsen oder abnehmen zu lassen. Die Versuche mit dem Rheonom haben denn auch sofort eine Anzahl wichtiger und interessanter Resultate ergeben. Gleichwohl ist das Fleischl'sche Instrument nicht geeignet zur Beantwortung gerade derjenigen Fragen, welche am meisten und unmittelbarsten interessiren. Da man nämlich schon weiss, dass es wesentlich auf die Steilheit der Stromanstiege ankommt, so ist die nächstliegende Aufgabe die, den Anstieg zu einer bestimmten Stromintensität in einer beliebig zu vergrössernden oder verkleinernden Zeit und überdies gradlinig zu bewirken, also Stromverläufe von dieser Art _/‾ herzustellen. Ausserdem kommt es bei der Beschaffenheit des Nerven voraussichtlich darauf an, die Zeiten des Stromanstiegs zuvörderst in ziemlich kleinen Zeitwerthen zu halten, sie etwa von $^1/_{100}$ bis $^1/_5$ Secunde zu verändern. Dies ist ebendieselbe Aufgabe, welche zu lösen schon mehrfach versucht worden ist[4], aber ohne befriedigenden Erfolg. Für dieselbe ist auch das Fleischl'sche Rheonom nicht geeignet, theils weil es zu schwer beweglich ist, theils weil es als Rotationsapparat nicht zur Erhaltung eines dauernden constanten Stromes nach der Schwankung geeignet ist. Es läge nahe, den Apparat leichter zu construiren und ihn aus einem rotirenden in einen Schiessapparat, der nach einer ganzen oder theilweisen Umdrehung gefangen wird, zu verwandeln. Um indessen der gestellten Aufgabe wirk-

---

[1] Bohr, Ueber den Einfluss der tetanisirenden Irritamente auf Form und Grösse der Tetanuscurve. *Dies Archiv.* 1882. S. 233.

[2] Bernstein, Ueber den Einfluss der Reizfrequenz auf die Entwickelung der Muskelkraft. *Festschrift,* du Bois-Reymond gewidmet. *Supplementband dieses Archivs.* 1883.

[3] E. v. Fleischl, *Wiener Sitzungsberichte.* 1877. Bd. LXXVI. 3. Abth.

[4] Vgl. Hermann, *Handbuch der Physiologie.* Bd. II. S. 33 u. 53.

lich gerecht zu werden, genügt dies noch nicht. Es ist vielmehr hierzu das Prinzip der beweglichen zweiarmigen Brücke überhaupt nicht geeignet.

Das Verfahren, welches ich benutzte, geht von einer Anwendungsweise des Rheochords aus, welche von der in der Physiologie und Elektrotherapie zur Stromabstufung gebräuchlichen etwas abweicht, dagegen übereinstimmt mit der du Bois-Reymond'schen Methode der Compensation zur Messung elektromotorischer Kräfte. Es wird sich empfehlen, mit der Darlegung dieses sehr einfachen Princips der Stromabstufung zu beginnen.

Wenn ein elektrischer Strom einen linearen Leiter, z. B. einen Draht von überall gleichmässiger Beschaffenheit durchfliesst, so nimmt auf der ganzen Länge dieses Leiters das Potential gleichmässig ab oder zu, da sowohl Stromintensität als Widerstand überall gleich sind. Es gilt das sowohl für Flüssigkeitsfäden als für Drähte und es gilt auch für prismatische Leiter von beliebig grossem Querschnitt, falls nur die Zu- und Ableitung des Stromes an dem ganzen Querschnitt gleichmässig stattfindet. Wenn *a b* (Fig. 1) ein solcher von einem constanten Strom durchflossener Leiter ist, und man irgend zwei Punkte *c* und *d* desselben mit den Quadranten eines Elektrometers verbindet, so erhält man demgemäss eine Potentialdifferenz angezeigt, welche der Länge *c d* direct proportional ist. Dasselbe findet auch dann noch statt, wenn man statt des Elektrometers einen Leitungsbogen, *W*, anwendet, dessen Widerstand im Vergleich zu dem der Strecke *cd* sehr gross ist. Der Leitungsbogen wird alsdann von einem Strome durchflossen, dessen Intensität der Länge proportional ist.[1] Man kann auf diese Weise mit Benutzung eines Drahtes z. B. die durch einen motorischen Nerven zu schickenden galvanischen Ströme genau und in einer zahlenmässig angebbaren Weise abstufen, da der Widerstand im Nerven gegen den eines Drahtes jederzeit sehr gross ist. Bei der üblichen Anwendung des Rheochordes als Nebenschliessung ist dies dagegen bekanntlich nicht möglich, wenn man nicht weiss, in welchem Verhältniss die Widerstände in der Längeneinheit des Rheochorddrahtes und in den benutzten galvanischen Elementen stehen.

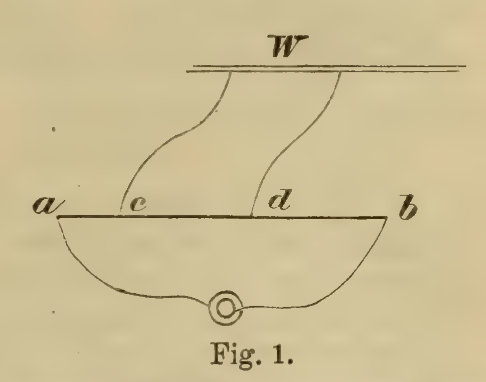


Fig. 1.
Schema der Stromabstufung durch variable Entfernung der Contacte *c* und *d* auf einem Draht.

---

[1] Hierauf beruht z. B. die Methode für die Calibrirung eines Drahtes, welche jüngst von Braun empfohlen wurde. *Centralzeitung f. Optik und Mechanik 4.* Beiblätter zu Wiedemann's *Annalen* Bd. VII. S. 776.

Von diesem Princip der Stromabstufung ausgehend, ist nun leicht ersichtlich, dass man einen im Nerven linear ansteigenden Strom erhält, wenn die eine Elektrode etwa mit dem Punkte *c* jenes Leiters in Verbindung steht, die andere dagegen mit constanter Geschwindigkeit an demselben entlang gleitet. Hierbei entsteht als erste technische Schwierigkeit die, dieses Gleiten mit genügender Geschwindigkeit und ohne Gefährdung des Contacts auszuführen, eine zweite aber, wenn die Aufgabe gestellt wird, dass der Strom nur bis zu einem gewissen Werth linear anwachsen und sodann aber auf der erreichten Höhe sich constant erhalten soll. Beide Schwierigkeiten lassen sich überwinden, wenn man als linearen Leiter eine mit einem Elektrolyten angefüllte Rinne verwendet, in welcher entlang eine eintauchende Metallspitze sich bewegt, gerade wie es auch bei dem Fleischl-schen Rheonom geschieht. Man kann sich leicht davon überzeugen, dass hierbei selbst recht erhebliche Geschwindigkeiten der Spitze ertheilt werden können, ohne dass Störungen des Contactes eintreten und auch ohne dass das unbequeme Spritzen und Schleudern der Flüssigkeit sich bemerklich macht. In unseren Versuchen, bei welchen eine Spitze von etwa 1 mm Durchmesser in einer Rinne von 8 mm Breite und 1 cm Tiefe lief, konnte man der Spitze Geschwindigkeiten von 1500 mm pro Secunde ohne Störungen ertheilen. Die gewöhnlich benutzte betrug nahe 800 mm pro Secunde.

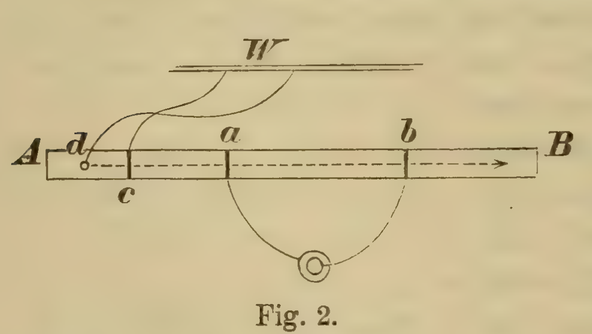


Fig. 2.
Schema der Herstellung einer linearen Stromschwankung durch eine Flüssigkeitsrinne mit drei festen Elektroden *a b c* und einer beweglichen *d*, welche durch diese hindurchgeleitet.

Die zweite der soeben erwähnten Anforderungen würde erfüllt werden, wenn es möglich wäre die sich bewegende Spitze an einer bestimmten Stelle der Rinne plötzlich festzuhalten. Dies gelingt selbstverständlich nicht in befriedigender Weise. Man erreicht aber dasselbe, indem man nur einen Theil der Rinne vom galvanischen Strom durchfliessen lässt und der Spitze eine Bewegung über die zuleitenden Elektroden hinaus gestattet. Obwohl, wie vorher erwähnt, es wünschenswerth ist, dass die zuleitenden Elektroden den ganzen Querschnitt der Rinne ausfüllen, so schadet es doch nicht, wenn dieselbe einen kleinen Ausschnitt besitzen, welcher der Spitze den Durchgang gestattet. Wenn also (Fig. 2) *A B* die Rinne, *a b* die zuführenden Elektroden wären, so stellten die nicht durchflossenen Stücke *a A* und *b B* sozusagen todte Arme dar, welche mit der Umgebung von *a* bezw. *b* durchweg auf gleichem Potentialniveau sich befinden. Wird nun die eine Nervenelektrode mit dem festen Stück *c* ver-

bunden, die andere aber mit der, durch *d* angedeuteten beweglichen Spitze und gestatten *a b* und *c* dieser Spitze freie Passage, so wird der den Nerven durchsetzende Strom = 0 sein bis die Spitze bei *a* ankommt, von da ab linear ansteigen, bis sie *b* passirt und sodann, wenn der Widerstand *b B* gegen *W* vernachlässigt werden darf, auf constanter Höhe bleiben, so lange die Spitze sich irgendwo in dem Stück *b B* befindet. Man hat somit in den Stücken *A a* und *b B* sehr bequem die Möglichkeit, unbeschadet der gewünschten Strombewegung, der Spitze ihre Geschwindigkeit zu ertheilen und allmählich wieder zu rauben.

Nach dieser Darlegung des benutzten Princips kann die mehr technische Beschreibung des benutzten Apparates sehr kurz gehalten werden. Die Hartgummiplatte *A* (Fig. 1, Taf. 5) ist auf einem mit Stellschrauben versehenen Dreifuss fest aufgeschraubt. In dieselbe ist eine Rinne *B C D* eingedreht, welche 8 mm breit und 10 mm tief ist. Ein Theil derselben, ca. 1/6 der Peripherie bei *D* ist abgeschlossen und mit Kittmasse ausgefüllt. Ueber der Mitte dieses Stückes erhebt sich das solide Messingstück *F*, mit der Hartgummiplatte fest verschraubt. Dasselbe dient wesentlich dazu um die Vorrichtung zu tragen, mittels welcher eine Zinkspitze längs der Rinne geschossen werden kann. Man erkennt leicht die Axe *G*, den an dieser befestigten horizontalen Arm und die Zinkspitze *J*, welche in der Rinne einläuft. Das Schräubchen *K* dient dazu, um die Spitze nach aussen oder innen zu verstellen, so dass sie, ohne anzustreifen, durch die Ausschnitte der Elektroden hindurchfahren kann. Diese, drei an der Zahl L_1 L_2 L_3 bestehen jede aus einer Messingklemme, welche auf dem Rande der Hartgummischeibe entlang verschoben werden kann und einem Zinkstück, welches mit einem hinteren Theil auf der Messingklemme aufgesetzt und angeschraubt wird, mit einem vorderen platten in die Rinne eintaucht. Die Schiessvorrichtung erkennt man auf der linken Seite der Figur; der Ring *M* wird über den Messingstab *N* hingeschoben, die Spiralfeder *O* comprimirt, ein stark federnder Messingbügel mit dem Vorsprung *P* hält den Apparat in dieser Stellung fest. Ein leichter Zug an diesem Bügel setzt die Feder in Freiheit, die Feder schnellt den Arm vor sich her, derselbe fährt bei sehr geringer Reibung mit annähernd constanter Geschwindigkeit herum. Auf der anderen Seite wird er durch eine, näherer Erläuterung nicht bedürftige Fangvorrichtung allmählich ohne einen heftigen Anprall arretirt und festgehalten.

Die Zinkspitze steht in leitender Verbindung mit der Klemme *Q* nicht bloss durch den Contact des Axenlagers, sondern auch durch das sehr dünne Drähtchen *R*, welches die Bewegung des Apparates nicht beeinflusst. Die Zuleitung des Stromes geschieht durch die beiden Elektroden L_2 und L_3, die Ableitung zum Nerven durch L_1 und *Q*. Beim Abschiessen des Appa-

rates ist der Strom = 0, so lange bis die Spitze L_2 passirt, dann steigt er gleichmässig an, bis sie L_3 passirt um sodann auf dieser Höhe zu verharren.

Der Apparat soll im Anschluss an Fleischl's Bezeichnung als Feder-Rheonom bezeichnet werden.

Um den Strom abzustufen, wird nach demselben Princip verfahren. Die zur Reizung dienende Batterie *B* (vier, zuweilen auch nur zwei kleine Grove'sche Elemente) werden mit den beiden Enden eines langen Eisendrahts verbunden, *xy* Fig. 3. *AB* stellt wieder die, der Einfachheit halber gerade gezeichnete Rinne des Rheonoms dar; der in die Elektroden *ab* geschickte Strom wird von *x* und einem längs des Drahtes verschieblichen Schieber *z* geliefert und ist proportional der Länge *xz*, da der Widerstand in der Zinkrinne immer gross gegen den des Drahtes ist. Es betrug nämlich der Widerstand in den ganzen Draht 2 S. E., somit der Widerstand der eingeschalteten Strecke in der Regel nur Bruchtheile einer S. E. Der Widerstand der Zinklösung betrug für 100^{mm} Abstand der beiden Elektroden nahe 600 S. E., somit bei dem gewöhnlich gebrauchten Abstand zwischen 60 und 900 S. E. Endlich war erforderlich, dass der Widerstand im Nervenkreise wiederum gross sei gegen den in der Zinkrinne. Er beträgt im Allgemeinen ca. 20000 S. E. Man überzeugt sich durch einfache Rechnung, dass die hierdurch bedingten Abweichungen von der streng linearen Form der Schwankung äusserst geringfügig sind. Die Art der Abhängigkeit, welche die Reizungserscheinungen von der Variirung der Steilheit zeigte, machte nicht nothwendig, auf diese Rücksicht zu nehmen. Durch Einschaltung grosser Widerstände in den Nervenkreis und Verstärkung der Batterie würde sich sonst, wie leicht ersichtlich, die Genauigkeit leicht noch weiter treiben lassen.

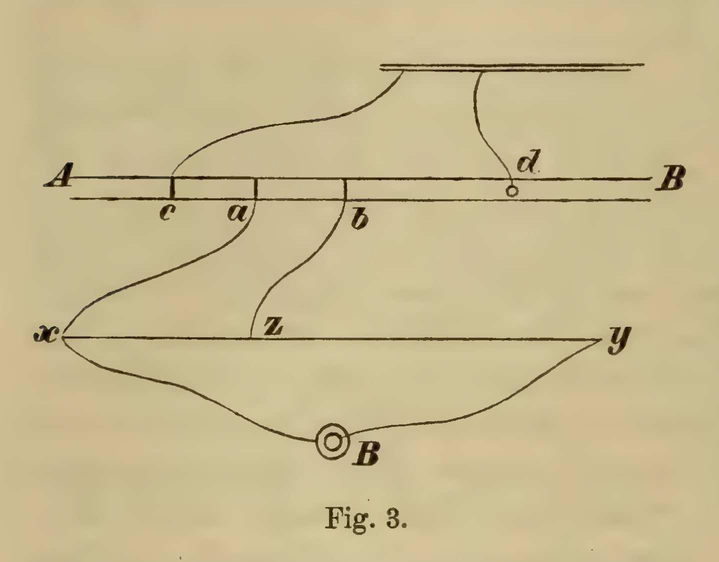


Fig. 3.

Schema der Abstufung linearer Stromschwankungen.

Um die Geschwindigkeit zu bestimmen, mit welcher die Spitze geschossen wird, verfuhr ich folgendermaassen. Es wurde ein platter Messingring angefertigt, welcher genau auf den äusseren Ring der Hartgummiplatte passt. An dem Arm *H* wurde ferner ein Drähtchen befestigt,

welches bei dem Abschiessen seine nach unten gewendete Spitze dicht über der Oberfläche jenes Ringes hinbewegt.

Durch eine Einrichtung, deren Details anzuführen nicht erforderlich ist, springen von dieser Spitze zu dem Messingringe Inductionsfunken in Intervallen von $^1/_{30}$ Sec. über, indem der primäre Strom eines Stöhrer-schen Inductionsapparates durch eine Stimmgabel von 30 Schwingungen unterbrochen wird. Wenn der Messingring berusst ist und die Spitze abgeschossen wird, so springen während der Bewegung eine Anzahl von Funken auf den Ring über, und aus den Abständen derselben ist die Geschwindigkeit der Spitze leicht zu ermitteln. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Abstände von der Drehungsaxe des Apparates erhält man somit auch leicht die Geschwindigkeit der Zinkspitze, welche in der Mitte der Rinne läuft.

Eine besondere Aufmerksamkeit erfordert noch die Regulirung der Stromintensitäten. Zunächst kann als Maass für die durch den Nerven gesandte Stromintensität (wenn die Spitze zwischen b und B (Fig. 3), also hinter L_3 (Fig. 1, Taf. V) steht), die Potentialdifferenz verwandt werden, welche stattfindet zwischen den beiden Punkten der Zinklösung, die an die Elektroden a und b (Fig. 3) unmittelbar anstossen. Als Maass für diese Potentialdifferenz kann man wieder die Spannweite xz betrachten, welche die Verbindungen dieser beiden Elektroden auf dem Drahte des Rheochords umfassen, falls der Widerstand dieses ganzen Kreises $xabz$ wesentlich durch den Widerstand der Zinkrinne gegeben ist und alles andere gegen ihn sehr klein ist. Hier darf nicht übersehen werden, dass, wenn das auch für den Draht xz und Zuleitungen der Fall ist, deren Widerstand nach Bruchtheilen einer S. E. im Allgemeinen zählt, noch der Uebergangswiderstand zwischen den Zink-Elektroden und der Flüssigkeit in Betracht kommt. Dieser kann sehr wohl Werthe haben, welche gegen die Widerstände der Zinkrinne in Betracht kommen, und man erhält in diesem Falle nicht den vollen, nach den Drahtlängen berechneten Strom in die Zinklösung, somit auch nicht in den Nerven.[1] Natürlich ist die hierdurch bewirkte Verminderung um so bedeutender, je kleiner der Abstand der zwei Elektroden ab ist und je mehr somit der Uebergangswiderstand gegen den zwischen ihnen gelegenen Widerstand der Lösung in Betracht kommt. Die ganze Erscheinung documentirt sich sehr deutlich dadurch, dass man bei Schliessung des Stromes, während die

[1] Wegen dieses Uebergangswiderstandes ist es auch nicht zulässig, die eine Nervenelektrode direct mit a zu verbinden. Man erhält dann schon einen Strom, auch wenn die Spitze sich zwischen a und A befindet.

Spitze sich in bB befindet, verschiedene Reizerfolge erhält, je nachdem der Abstand der Elektroden grösser oder kleiner gemacht wird (um so grössere, je grösser der Abstand ist). Man kann bekanntlich den Uebergangswiderstand dadurch beseitigen, dass man die Zink-Elektroden einige Stunden in Zinklösung kocht und sie dann (mit möglichst kurzer Luftberührung) schnell in die Flüssigkeit bringt, in welcher sie verwendet werden sollen. Indessen ist es nothwendig, sich jedesmal davon zu überzeugen, dass man die Fehlerquelle wirklich eliminirt hat. Einfacher ist es und ebenfalls zulässig, sie nicht zu eliminiren, aber jedesmal zu berücksichtigen; dies geschieht, wenn man nur Stromintensitäten mit einander vergleicht, welche bei gleichem Abstand der Elektroden ab erzeugt werden; hier dürfen die Drahtlängen dann ohne Weiteres als Maass benutzt werden. In dieser Weise bin ich in der Regel verfahren, nachdem ich noch durch eine Anzahl directer Messungen an der Bussole mich überzeugt hatte, dass die zum Nerven gehenden Stromintensitäten bei bestimmtem Abstand der Elektroden ab in der That den Drahtlängen proportional wuchsen.

Was das reizbare Praeparat anlangt, so habe ich bis jetzt systematische Versuche nur am Frosche (Rana esculenta) ausgeführt, und zwar wurde entweder der Ischiadicus gereizt und der Erfolg am Gastrocnemius beobachtet, oder aber der ganze Nervenplexus im Becken neben dem Kreuzbein gereizt und die Erfolge am Semimembranosus und Gracilis beobachtet. Die letzteren Muskeln benutzte ich in denjenigen Versuchen, wo die negative Schwankung des Längs-Querschnittstromes untersucht werden sollte. Die Reizung geschah vermittelst unpolarisirbarer Elektroden und zwar von ähnlicher Form, wie sie Grützner[1] beschrieben hat und welche sich mir als sehr zweckmässig bewährte. Das Centralnervensystem wurde stets zerstört, keinerlei Vergiftung und auch keine Kochsalzausspülung vorgenommen. Ich wählte dies Verfahren, weil es mir vor Allem darum zu thun war, an einem Praeparate zu arbeiten, welches seinem normalen Verhalten so nahe als möglich stände. Die Befürchtung, dass die Gleichmässigkeit der Reizerfolge keine so genaue sein werde, wie sie bei Kochsalzausspülung oder bei Chloralvergiftung mit erhaltenem Centralnervensystem zu erreichen ist, und dieser Mangel die Versuche stören werde, zeigte sich nicht begründet; die Gleichmässigkeit war vielmehr stets eine sehr befriedigende. Für wesentlich halte ich dabei, dass die Reizung am undurchschnittenen Nerven stattfindet und von diesem auch nur eine kleine Strecke, und zwar eine solche ohne stärkere Aeste, freigelegt wird. Unterhalb der Mitte des Oberschenkels kann man den Ischiadicus sehr bequem in dieser Weise behandeln; unter

---

[1] Grützner, Beiträge zur allgemeinen Nervenphysiologie. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXVIII. S. 138.

das frei gemachte Nervenstück von etwa 6—7 mm Länge wird ein Gummiblättchen geschoben, die Elektroden aufgesetzt und was vom Nerven dann noch sichtbar ist, mit kleinen Gummiblättchen zugedeckt. Der ganze Frosch lag hierbei auf einem horizontalen Brett, der Gastrocnemius übertrug seine Bewegung mit starker Vergrösserung (acht- bis zehnfach) auf eine Schreibspitze, welche auf der langsam rotirenden Trommel des Baltzar'schen Kymographions schrieb.

Es sei gestattet, gleich einige Ausdrücke einzuführen und zu erklären deren wir uns im Folgenden oft bedienen werden.

Der Anstieg eines Stromes von 0 auf einen gewissen Werth, kann als eine allmähliche Schliessung dieses Stromes betrachtet werden, im Gegensatz zu der gewöhnlichen, welche durch Contacte hergestellt wird. Wir wollen die letztere, bei welcher die Dauer des Anstieges (falls keine Rollen im Kreise sind) äusserst klein ist, eine Momentanschliessung, die nach unserer Methode bewirkte allmähliche dagegen eine Zeitschliessung nennen. Ebenso wollen wir von Momentanreizen[1] und Zeitreizen sprechen. Eine Schwankung, welche in der Zeit ϑ die Höhe i_s erreicht und dann auf dieser verharrt, ist charakterisirt durch den Werth i_s, welchen ich einfach als ihre Intensität bezeichne und die Anstiegsdauer ϑ. Zur Bestimmung ihres Reizeffects dient immer die Ermittelung einer Intensität i_m, welche bei Momentanschliessung den gleichen Effect giebt. Für jede Anstiegsdauer ϑ kann so ein Verhältniss $\frac{i_s}{i_m}$ gefunden werden, welches der Reizungsdivisor für diese Anstiegsdauer ϑ heissen mag. In der That stellt diese Zahl den Werth vor, mit welcher eine in der Zeit ϑ erreichte Stromstärke dividirt werden muss, um die Stromstärke zu finden, welche bei momentanem Entstehen die gleiche Reizwirkung giebt; sie liefert also ein Maass für die durch zeitliche Ausdehnung der Schwankung bedingte Schwächung des Reizeffectes. Der Reizungsdivisor wird für steigende Anstiegsdauern natürlich immer grösser. Man kann auch von Reizungscoëfficienten sprechen, welche die reciproken Werthe jener Reizungsdivisoren wären; doch eignet sich für die Beurtheilung der meisten Verhältnisse der Reizungsdivisor mehr, weil die Reizungsdivisoren verschiedener Anstiegsdauern unmittelbar die gleich wirksamen Intensitäten, und mit ϑ dividirt die gleich wirksamen Steilheiten darstellen. Der Reizungsdivisor einer Anstiegsdauer kann für verschiedene Reizstärken, z. B. für Schwellenwerthe, oder für eine bestimmte mittelgrosse Zuckung ermittelt werden und es ist nicht nothwendig, dass er hierbei die-

---

[1] Ich glaube diesen kurzen Ausdruck vorläufig auch auf die Momentanschliessungen schwacher Ströme anwenden zu dürfen, obwohl diese streng genommen keine Momentanreize sind.

selben Werthe zeige. Die Ermittelung von Reizungsdivisoren für verschiedene Anstiegsdauern giebt somit immer einen Vergleich mit Momentanreizen und zwar mit der plötzlichen Schliessung eines Kettenstromes; sie sind vorläufig die einfachsten numerischen Angaben durch welche die Reizwirkung beliebiger Steilheiten ausgedrückt werden kann. Bei den Versuchen wird natürlich stets i_m, sodann i_s und dann wiederum i_m festgestellt und der Reizungsdivisor berechnet aus dem arithmetischen Mittel der beiden Werthe i_m welche vor und nach i_s, sich herausstellten. Die Reizungsdivisoren sind, dem Fundamentalgesetz zufolge, stets Zahlen die grösser als 1 sind.[1]

Abhängigkeit des Reizungsdivisors von der Anstiegsdauer.

Die erste Aufgabe, welche ich in Angriff nahm, bestand darin die Stromintensität zu suchen, welche bei Momentanschliessung einerseits, bei Zeitschliessungen andererseits erforderlich ist, um eben noch eine minimale Zuckung vom Muskel auszulösen.

Es werden also die Divisoren verschiedener Anstiegsdauern für die Schwellenwerthe ermittelt; die Resultate dieser Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Während jeder einzelne Versuch bei mehrfacher Wiederholung sehr gut übereinstimmende Resultate liefert, bemerkt man sogleich, dass die einzelnen Versuche unter einander nicht unerheblich differiren. In dem Versuche vom 6. December z. B. erreicht der Divisor erst bei einer Anstiegszeit 0·187 Sec. den Werth 2·1. In einem Versuche vom 23. Juni beträgt er 2·6 schon für eine Anstiegsdauer 0·01. Einen Aufschluss darüber, worin diese Differenzen begründet sind, vermag ich vorläufig nicht zu geben. Die Versuche vom 16., 17. und 18. Juni zeigen sehr nahe übereinstimmende Werthe; der Versuch vom 23. und der vom 24. Juni dagegen wieder stark abweichende, nämlich viel grössere Divisoren. Aus der Zeit, welche seit der Einfangung der Thiere verstrichen war, habe ich keinen Anhalt für die Aufklärung der Unterschiede finden können, ebensowenig ergiebt sich ein solcher, wie aus der Tabelle unmittelbar ersichtlich, ohne Weiteres aus der Jahreszeit, auch nicht, wie ich gleich bemerken will,

---

[1] Hiervon habe ich eine Ausnahme nur in besonderen Fällen beobachtet; oft nämlich liefern die Zeitreize bei gewissen grossen Stärken grössere Zuckungen als sie bei Momentanschliessungen überhaupt (bei irgend welcher Stärke) erhalten werden können. In diesem Falle ist also kein Reizungsdivisor angebbar.

etwa aus den kleinen Differenzen der Temperatur während des Versuchs. Wir können also vorläufig nur von individuellen Differenzen sprechen, deren Zusammenhang mit Ernährungszustand und Alter des Thieres festzustellen vielleicht einer eigens darauf gerichteten Untersuchung gelingen würde.

Datum des Versuches.	Betrag der Reizungsdivisoren oder äquivalenten Stromintensitäten für eine Anstiegsdauer (in $^1/_{1000}$ Secunde)									Bemerkungen.
	12·5	25·0	49·9	99·8	187·5	99·8	49·9	25·0	12·5	
30. Nov. 83.	1·5	2·1	3·7				4·6	1·9	1·4	↓
3. Dec. 83.	1·2	1·6	3·4	7·2		7·3	3·9	1·5		↓
6. Dec. 83.	1·1	1·3	1·4	1·7	2·1	1·9	1·6	1·3	1·1	↓
13. Dec. 83.	1·3	1·7	3·2	8·7			3·6	2·0	1·4	↓ Zimmertemperat.
Ders. Versuch.	1·1	1·2	1·3	2·6			1·4	1·2		Nerv abgekühlt.
14. Dec. 83.	1·9	2·8	5·3					2·8	1·8	↓ Lange Nervenstr.
Ders. Versuch.	1·8	3·4							1·8	↓ Anode am Kopf.
Ders. Versuch.	1·8	2·5	5·0							↓ Kurze Nervenst.
17. Dec. 83.	1·3	1·5	1·9	2·0	2·4	1·7	1·7	1·3	1·2	↓
Ders. Versuch.		1·3	1·6	1·6	2·5					↓
18. Dec. 83.	1·3	1·5	3·0	5·8			2·6	1·6	1·4	↓
Ders. Versuch.	1·5	1·7	3·0	4·2			2·5	1·7	1·5	↑
17. Jan. 84.	1·5	2·0	2·5	3·2			2·5	1·9	1·5	↓
Ders. Versuch.	1·5	2·0	2·7	4·0			2·7	1·8	1·4	↑
21. Jan. 84.	1·6	2·3	3·8	7·5			3·6	2·5	1·7	↑
Ders. Versuch.	1·8	2·3	4·5				4·0	2·5	1·8	↓
16. Juni 84.	1·3	1·5	1·6	1·8	3·5		1·5	1·4	1·3	↓
Ders. Versuch.	1·6									↑
17. Juni 84.	1·5	1·6	1·5	1·5	2·1	1·4	1·3	1·2	1·1	↓
18. Juni 84.	1·4	1·4	1·5	1·7	2·9	1·8	1·3	1·3	1·3	↓
23. Juni 84.	1·8	2·1	3·0	5·8			3·3	2·4	1·9	
	1·7	1·9	2·6	5·6			3·0	2·1	1·9	Für mittelst. Zuck.
24. Juni 84.		2·7		nicht zu best. > 5						

In vielen Fällen sind die Divisoren für längere Anstiegsdauern nicht festzustellen, weil wir schon früher die Grenze der Giltigkeit des Fundamentalgesetzes erreichen, nämlich die Stromstärken, welche tetanische

Erregungen geben. In diesen Fällen ist man auf die kürzeren Anstiegszeiten beschränkt. Alle mitgetheilten Zahlen liegen innerhalb dieser Grenze und es gilt also auch für alle angegebenen Stromstärken noch, dass sie bei noch längerer Anstiegszeit wirkungslos waren, dass man durch eine langsamere Bewegung der Spitze den ganzen Strom „einschleichen“ konnte, ohne eine Bewegung des Muskels zu erzielen. Die Zahlen geben also sowohl die Intensität welche bei einer gegebenen Anstiegsdauer, als auch die Anstiegsdauer, welche bei einer gegebenen Intensität eingehalten werden muss, wenn eine Reizung erfolgen soll. Was nun zunächst die Grössenordnung der erhaltenen Zahlen anlangt, so sieht man, dass bei Anstiegsdauern von 0·01 bis 0·1 Sec. die Intensität von der Grössenordnung der bei Momentanschliessung erforderlichen ist. Bei der Anstiegsdauer 0·0125 Sec. erhalten wir Divisoren, welche von 1·1 bis 1·9 schwanken, in der Regel 1·3 bis 1·5 betragen. Erwägt man, dass die Anstiegsdauer bei der normalen Schliessung jedenfalls enorm kurz ist, so sieht man, dass innerhalb dieser Grenzen die Steilheit noch nicht sehr erheblich in's Gewicht fällt; diese ist vielmehr bei dem Momentanschluss unvergleichlich grösser, als bei den Zeitschliessungen, wenn der Erfolg derselbe ist. Man kann also sagen: ob der Strom in $^1/_{1000}$ Sec. oder in $^1/_{1000000}$ Sec. seinen Werth erreicht, macht für die Reizwirkung noch fast keinen Unterschied, wohl dagegen ob in $^1/_{1000}$ oder in $^1/_{50}$ Sec. In dieser Feststellung liegt, wie man sieht, eine Ermittelung über das, was man die Beweglichkeit der Nervenmolecüle nennen könnte, eine Ermittelung die von Bedeutung werden kann, sobald es gelingt, sie mit physikalischen Eigenschaften des Nerven in Beziehung zu bringen.

In den Figg. 2 und 3 der Tafel 5 sind einige der Versuche graphisch dargestellt, in der Weise, dass die Anstiegsdauern als Abscissen, die Divisoren (oder die gleich wirksamen Stromintensitäten) als Ordinaten aufgetragen sind. Eine besondere Aufmerksamkeit verdient das Schlussstück der Curve. Von vornherein lässt sich nämlich vermuthen, dass das Ansteigen des Stromes mit gleichmässiger Steilheit nur eine gewisse Zeit hindurch erregend wirkt. Wenigstens geht das schon daraus hervor, dass man als Ausdruck der Erregung doch immer nur Zuckungen erhält, welche sich von den durch Momentanreizen zu erhaltenden nicht wesentlich unterscheiden, wie dies für sein Rheonom auch schon Fleischl angegeben hat. Wenn nun dies der Fall ist, so muss von einer gewissen Anstiegsdauer an die erforderliche Intensität proportional der Anstiegsdauer wachsen. Findet man z. B. bei einer Anstiegsdauer $^1/_{40}$ Sec. die Intensität 3, bei einer Anstiegsdauer $^1/_{20}$ Sec. die Intensität 6 erforderlich, um eine minimale Reizung hervorzubringen, so hat man in beiden Fällen die gleiche Steilheit des Ansteigens. Man kann daraus entnehmen, dass ein Anstieg von dieser

Steilheit nach $^1/_{40}$ Sec. schon seine Erregungswirkung vollbracht hat, dass die Fortsetzung eines gleich steilen Ansteigens während einer weiteren $^1/_{40}$ Sec. keine Wirkung mehr ausübt. Diese Grenze ist in der That in einer Anzahl von Versuchen erreicht. So finden wir, dass die Intensitäten zuletzt den Anstiegsdauern proportional wachsen im Versuch vom 30. XI, 3. XII, 13. XII, 14. XII, 18. XII, schon von 0·025 Sec. an, im Versuch vom 21. Januar von 0·049 an, während in zahlreichen anderen Versuchen die betreffende Grenze nicht erreicht worden ist. Es geht hieraus hervor, dass die Reizwirkung, welche ein Stromanstieg von gewisser Steilheit besitzt, nur über ziemlich kurze Zeiten andauert. Es wird auf diese Frage der Dauer der Erregung gleich nochmals zurückzukommen sein.

In der graphischen Darstellung zeigt sich das sehr einfach, da man die Steilheit jeder gleich wirksamen Stromschwankung erhält, wenn man die einzelnen Punkte der Curve mit dem Anfangspunkte der Coordinaten verbindet. So sieht man in Fig. 4 der Tafel, wo diese Verbindungslinien gezogen sind, die Steilheit anfangs abnehmen, beim Uebergange von 0·0499 zu 0.0998 aber gleich bleiben.

Was die sonstige Natur unserer Curven angeht, so scheint mir eine theoretische Deutung nicht nur, sondern auch der Versuch sie in einer Formel auszudrücken, verfrüht. Da die Curven für die verschiedenen Praeparate sich zuweilen schneiden, so würde eine solche Formel 2 Parameter enthalten müssen, welche je nach Beschaffenheit des Praeparates variiren könnten. Erst in der Anknüpfung an irgend welche bestimmten theoretischen Vorstellungen kann ein solcher Versuch werthvoll werden.

Bemerkenswerth ist, dass fast alle Curven von 0 ab einen steilen Anstieg nehmen, dann ein Stück geringster Steilheit zeigen und dann wieder steiler in die Höhe gehen; sie besitzen also einen Wendepunkt. Wenn einzelne (z. B. 30. Nov. 1883) ihn nicht zeigen, so liegt doch die Vermuthung nahe, dass nur wegen der zeitlichen Zusammendrängung der ganzen Curve die untersuchten Punkte nicht zahlreich genug sind, ihn zu zeigen, und dass er bei genauerer Untersuchung der kürzesten Zeiten auch sich herausstellen würde.

Eine unerwartete Schwierigkeit stellt sich der nächstliegenden Verwendung dieser Versuchsresultate entgegen, wenn wir die Frage aufwerfen, ob es auch wirklich dieselben Elemente des Nerven und des Muskels sind, welche bei Momentanschliessung und bei den verschiedenen Zeitschliessungen in Thätigkeit gesetzt werden. Diese Frage ist besonders durch die Mittheilung Grützner's nahe gelegt, nach welcher in jedem Muskel zwei verschiedene Elemente sich vorfinden sollen, welche isolirt zu reizen „durch gewisse Kunstgriffe der elektrischen Reizung“ gelinge. Wenn dies bei der von mir angewandten Reizungsart der Fall wäre, so würde jede Serie von

Reizungsdivisoren in zwei Stücke zerfallen, welche nicht zusammen gehören; es wäre denkbar, dass z. B. bei Momentanschluss andere Elemente gereizt würden als bei Zeitschliessungen. Zu einer absolut sicheren Entscheidung würde hier zu gelangen sein, wenn man in der Weise wie Sachs that, die Reizerfolge unter dem Mikroskop beobachtete. Es erscheint indessen kaum möglich, bei diesem Verfahren in ähnlich systematischer Weise längere Beobachtungsreihen mit Reizvariirungen anzustellen, wie es für unseren Zweck nothwendig ist.

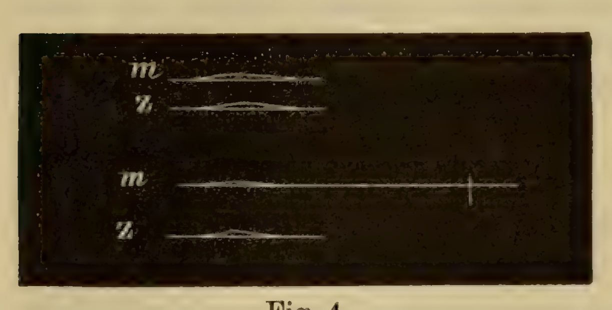


Fig. 4.
Zeitlicher Verlauf minimaler Zuckungen bei Momentan- und bei Zeitreizungen.

Eine Entscheidung scheint aber auch einfach danach möglich zu sein, ob die Minimalzuckungen bei der einen und anderen Art der Reizung verschiedenen zeitlichen Verlauf nehmen. Wie weiter unten mitgetheilt wird, finden sich solche Differenzen zuweilen in geringem Betrage, sehr häufig auch gar keine, bei stärkeren Zuckungen; diese dürfen aber aus den dort erörterten Gründen nicht ohne Weiteres als Zuckungen verschiedener Muskelelemente gedeutet werden. Bei Minimalzuckungen habe ich einen Unterschied des zeitlichen Verlaufes nicht bemerkt; durch die Grützner'sche Arbeit wurde ich veranlasst ihn auch mittels Aufzeichnung der Minimalzuckungen genauer zu vergleichen. Ich gebe nebenstehend untereinander gezeichnet die Minimalzuckungen desselben Muskels, gleich nacheinander aufgezeichnet, bei Momentan- und Zeitschliessung (Fig. 4 *m* und *z*). Sie stimmen, wie man sieht, völlig überein. Ich sehe daher vorläufig keinen Grund zu der Annahme, dass bei Momentan- und Zeitschliessung von Kettenströmen nicht dieselben Elemente gereizt würden.

Man kann nun ferner die Divisoren bestimmen, welche für mittelgrosse und für annähernd maximale Zuckungen die gleiche Bedeutung haben, wie die soeben mitgetheilten für die Schwellenwerthe. Allgemein zeigt sich hierbei, dass mit zunehmender Intensität der Reizung das Verhältniss aequivalenter Intensitäten bei Momentan und Zeitschliessung zunimmt. Ist also z. B. bei einer bestimmten Anstiegsdauer die Momentanschliessung des Stromes 1 aequivalent der Zeitschliessung 2, indem beide Minimalzuckungen ergeben, so wird regelmässig die Momentanschliessung des Stromes 1·2 eine stärkere Zuckung ergeben als die Zeitschliessung von 2·4. Es wachsen also die Erfolge der Momentanreize und der Zeitreize nicht nach demselben Gesetze. In einer für verschiedene Anstiegszeiten ganz durchgeführten Reihe erhielt ich so:

Anstiegsdauer in $^1/_{1000}$ Sec.		12·5	25·0	49·9	99·8	49·9	25·0	12·5
Reizungs-divisoren	für mittelstarke Z.	1·8	2·1	3·0	5·8	3·3	2·4	1·9
	f. Schwellenwerthe	1·7	1·9	2·6	5·6	3·0	2·1	1·9

Wie man sieht, liegt der Divisor für die mittelstarken Zuckungen stets über dem für die Minimalzuckungen; doch ist die Abhängigkeit desselben von den Anstiegszeiten eine in beiden Fällen ganz ähnliche. Dasselbe zeigt sich in weiteren Grenzen, wenn wir für eine bestimmte Anstiegsdauer die Divisoren für mehrere verschiedene Zuckungsgrössen bestimmen. Einen solchen Versuch gebe ich nachstehend. Es fand sich der Divisor für eine Anstiegsdauer 0·025 Sec.:

1) bei minimalen Zuckungen (Schwelle) = 2·2
2) bei Zuckungsgrösse 5 mm = 2·4
3) „ „ 11 mm = 3·0
4) „ „ 18 mm = 3·3
(annähernd maximale Zuckungen)
5) bei minimaler Zuckung wieder = 2·3

Etwas anders gruppirt erhält man dieselbe Erscheinung wenn man einmal für Momentanreize, sodann für Zeitreize die Abhängigkeit der Zuckungsgrösse von der Reizstärke ermittelt. Es zeigt sich dann das Resultat in der bemerkenswerthen Form, dass das Verhältniss der Stromstärken welche einen minimalen und einen maximalen Reiz darstellen, für die Momentanreize ein kleineres ist, als für die Zeitreize. Als Beispiel eines solchen Versuches führe ich die folgenden Zahlen an.

1) Momentanschliessungen.

Stromstärke	10	11	12	13	14	13	12	11	10
Zuckungshöhe	0·5	6·2	9·2	11·3	12·0	11·5	9·5	4·5	0·5.

2) Zeitreize; Anstiegsdauer 0.05 Sec.

Stromstärke	17	18	20	22	24	26	28	32	28	26	24	22	20	18	17
Zuckungshöhe	3·0	3·0	5·5	6·0	9·0	10·0	10·2	11·1	10·7	10·1	8·8	7·0	5·5	2·6	2·6.

3) Momentanschliessungen.

Stromstärke	10	11	12	13	14	13	12	11	10
Zuckungshöhe	0·2	2·5	8·5	11·0	12·1	11·1	7·6	0·8	0

Man kann auch hier durch Interpolation einige Divisoren berechnen und erkennt, dass sie von etwas weniger als 1·7 bis auf etwas mehr als 2·5 steigen. Eine Variirung der Reize im Verhältniss von 1 zu 1·4 umfasst bei Momentanreizen den ganzen Spielraum von minimal

zu maximal; eine Variirung der Zeitreize im Verhältniss 1 zu 1·9 erreicht weder die obere, noch die untere Grenze.

Dies Resultat scheint mir insofern wichtig, als es zu dem Schlusse führt, dass, wo es sich um feine Abstufung der Contractionsgrösse handelt, die Zeitreize einen gewissen Vorzug vor den Momentanreizen besitzen würden. Vielleicht ist dieser Vorzug bei noch grösserer zeitlicher Ausdehnung ein noch bedeutenderer, und vielleicht stehen die Inductionsschläge hierin noch ungünstiger, als die Schliessungen der Kettenströme.

Variirungen im Praeparat.

Da man den für eine bestimmte Anstiegsdauer geltenden Divisor als einen Zahlenwerth betrachten darf, welcher den Zustand des Praeparates in einer wichtigen Beziehung wenigstens einigermaassen charakterisirt, so lag es nahe, die Aenderungen derselben unter verschiedenen Umständen in's Auge zu fassen.

Vor Allem war hier die Variirung der Temperatur geboten. In der oben citirten Arbeit zeigte ich, dass bei Stromoscillationen ein Unterschied sich in der Weise bemerklich macht, dass sich derselbe Nerv erwärmt für Oscillationen hoher Frequenz, abgekühlt dagegen für Oscillationen geringer Frequenz relativ empfindlicher erweist; dagegen wurden diese Verhältnisse durch eine Veränderung der Temperatur des Muskels nicht beeinflusst. Um die Temperatur des Nerven an der gereizten Stelle zu variiren, ohne eine andere Vorbereitung des Praeparates einzuführen, verfuhr ich folgendermaassen. Es wurde aus einem platten Glasrohr ein _⌒_förmiges Stückchen gebogen, von solcher Grösse, dass es sich der Rundung des Oberschenkels anschliesst. Dasselbe stellt also ein hohles Band von etwa 6 mm Breite dar; dieses wird statt eines Gummiblättchens unter den Ischiadicus geschoben und passend befestigt, so dass der Nerv nicht gezerrt wird. Die Elektroden werden von oben auf den Nerven aufgesetzt und zwar auf die dem Glase aufliegende Partie desselben. Durch das Glasrohr kann alsdann ein Wasserstrom von beliebiger Temperatur geleitet und dadurch die Temperatur des Nerven in weiten, wenn auch nicht ganz präcise bestimmbaren Grenzen variirt werden. Die Veränderung der Reactionsweise durch die Temperatur ist nun eine höchst frappante Erscheinung. Die Divisoren ändern sich im Sinne der Temperatur, sind bei hoher Temperatur grösser und bei niedriger kleiner. Dies heisst mit anderen Worten, dass der kalte Nerv gegen die lange, der warme gegen die kurze Anstiegsdauer besser reagirt, oder wie man es wohl auch ausdrücken darf, dass für den warmen

Nerven eine kleinere Zeit, für den kalten eine grössere, bezw. analoge Bedeutung habe.

Da die Erscheinung, wie gesagt, sehr ausgesprochen ist und ich vorläufig nur eine qualitative Feststellung derselben zu geben im Stande bin, so genügt die Mittheilung weniger Zahlen.

Versuch vom 13. December 1883.

Anstiegsdauer (in $^1/_{1000}$ Sec.)		12·5	25·0	49·9	99·8	49·9	25·0	12·5
Reizungsdivisoren	bei Zimmertemp.	1·3	1·7	3·2	8·7	3·6	2·0	1·4
	bei nahe 0°.	1·1	1·2	1·3	2·6	1·4	1·2	

In einem anderen Versuch (am 24. Juni 1884) fand ich den Divisor für die Schwellenwerthe bei Anstiegsdauer 0·025 Sec. zuerst bei Zimmertemperatur = 2·7; sodann nach Abkühlung = 2·0; nun wurde auf etwa 30° C. erwärmt, dabei blieb der Schwellenwerth für Momentanschliessung unverändert, die Zeitschliessungen wurden dagegen selbst bei Einschaltung der ganzen Rheochordlänge unwirksam und es lässt sich daraus entnehmen, dass der Quotient grösser als 9 war. Hierauf wurde abgekühlt auf nahe 0° und der Quotient = 1·4 gefunden. Wie man sieht, ändern sich die Zahlen durch die Variirung der Temperatur äusserst beträchtlich. Man könnte hierdurch auf die Vermuthung kommen, dass die Differenzen der verschiedenen untersuchten Praeparate durch die kleinen Veränderungen in der Temperatur des Beobachtungsraumes ihre Erklärung fänden. Das ist aber keineswegs der Fall. So sieht man z. B. schon, dass die soeben mitgetheilten Divisoren des auf nahe 0° abgekühlten Nerven vom 13. December doch noch diejenigen im Versuch vom 6. December bei Zimmertemperatur übertreffen. Und der Quotient des abgekühlten Nerven vom 24. Juni ist sogar ein höherer, als die meisten anderen Versuche bei Zimmertemperatur ihn zeigen.

Die Variirung der Muskeltemperatur bewirkte ich nach derselben Methode, welche ich früher beschrieb.[1] Sie zeigt sich auch hier auf die Verhältnisse der relativen Erregbarkeit ohne Einfluss. So fand sich z. B. der Divisor für Anstiegsdauer 0.025 Sec. bei Zimmertemperatur = 3·2, bei Erwär-

[1] A. a. O. S. 29. Um den Muskel unabhängig vom Nerven zu erwärmen oder abzukühlen wurde er in einen kleinen Glastrichter mit doppelter Wand eingesenkt, dessen Innenraum nur eben so gross war, um dem Muskel bequemen Spielraum für seine Bewegungen zu gestatten. Ueber dem Trichter wurde der Oberschenkel festgeklemmt, von der Achilles-Sehne dagegen ging ein Faden nach unten zu aus dem Trichterrohr hinaus und zum Myographionhebel. Ein sehr dünnwandiger Kautschukschlauch ist auf das Trichterrohr geschoben, umgiebt nach unten zu jenen Faden und wird auf ihn fest aufgebunden. Der Muskel befindet sich somit in einem Raum, der

mung auf etwa $35^0 = 3\cdot4$, Abkühlung auf nahe $0^0 = 3\cdot9$, Erwärmung $= 4\cdot2$. Man sieht, dass ein Einfluss der Temperatur nicht besteht, dass nur im Verlaufe des Versuches die Zahlen allmählich wachsen, ein Verhalten, auf das ich sogleich noch zu sprechen komme.

In anderen, ähnlichen Versuchen ergab sich der Reizungsdivisor:

1) Bei Zimmertemperatur = 3·3
2) Abgekühlt (nahe 0°) . = 3·1
3) Erwärmt . . . . . . = 3·5
4) Abgekühlt . . . . . = 3·5
5) Erwärmt . . . . . . = 3·8

und:

1) Bei Zimmertemperatur = 2·5
2) Abgekühlt . . . . . = 3·5
3) Erwärmt . . . . . . = 2·8
4) Abgekühlt . . . . . = 3·0
5) Erwärmt . . . . . . = 2·9.

In dem letzteren Falle war etwas anders als gewöhnlich verfahren, nämlich der Nerv ganz frei praeparirt und oben abgeschnitten und der Gastrocnemius mittels des Oberschenkelknochens befestigt. Man kann bei einem solchen Praeparat den Muskel vollständiger abkühlen und erwärmen, weil man besseren Spielraum hat, ihn ganz in den Trichter zu versenken. Die Reizerfolge sind aber nicht so constant und daher stimmen auch die Divisoren nicht so gut überein, wie sonst, wegen der ungünstigeren Behandlung des Nerven.

In Bezug auf sonstige Variirungen kann ich vorläufig nur ganz spärliche Mitteilungen machen. Die Divisoren erweisen sich im Allgemeinen bei einem bestimmten Praeparat sehr constant. Weder von einer Verlängerung oder Verkürzung der vom Strom durchflossenen Nervenstrecke erhielt ich eine merkliche Veränderung, noch auch dann, wenn nur die Kathode auf den Nerven, die Anode dagegen (als „indifferenter Pol") am Kopf angebracht wurde. Meine Erfahrungen sind nach dieser Richtung hin nicht zahlreich; jedenfalls aber dürfte keine erhebliche Abhängigkeit bestehen.

---

nach unten zu zwar flüssigkeitsdicht abgeschlossen ist, aber doch die Uebertragung der Bewegungen des Muskels ohne Widerstand gestattet. Der zwischen den doppelten Wänden des Trichters befindliche Raum besitzt zwei Ansatzröhren und kann daher wieder mit Wasser von beliebiger Temperatur durchspült werden; der innere Raum, in dem der Muskel steckt, wird mit ½ procentiger Kochsalzlösung gefüllt, in welche eventuell auch direct Eisstückchen hineingebracht werden können. Die Temperatur des Muskels kann auf diese Weise in weiten Grenzen regulirt werden.

Was die Ermüdung des Praeparates anlangt, so scheint auch diese innerhalb mässiger Grenzen ohne Einfluss zu sein, wie sich erwarten lässt, wenn die bei gewöhnlichem Verfahren sich darstellenden Ermüdungserscheinungen in der That ausschliesslich auf den Muskel und gar nicht auf den Nerven zu beziehen sind. Im Allgemeinen verändern sich die Divisoren im Laufe eines länger dauernden Versuchs gar nicht oder sehr wenig und im letzteren Falle bald zu- bald abnehmend. Solche Veränderungen, wie sie die obigen Tabellen mehrfach zeigen, dürfen wohl auf allmähliche Veränderungen der Temperatur bezogen werden. So war z. B. der Versuch von 24. Juni, dessen erheblich ansteigende Divisoren (von 3·2 bis 4.2) auf voriger Seite mitgetheilt wurden, nach Mittag an einem der Sonne ausgesetzten Fenster, nur durch einen Vorhang geschützt, also höchst wahrscheinlich bei steigender Temperatur des Nerven ausgeführt worden.

Belangreicher ist die Stromrichtung. Ich habe fast immer mit absteigendem Strom gearbeitet, dessen Wirkungsweise ja theoretisch einfacher ist. Gelegentliche Versuche mit aufsteigendem Strom zeigten meist, dass dieser letztere weniger wirksam war und gleichzeitig grössere Divisoren ergab, d. h. also das Uebergewicht der günstigeren Stromrichtung tritt bei Zeitschliessungen in noch stärkerem Grade hervor als bei Momentanschliessungen. Mehrfach aber wurden ganz nahe übereinstimmende Divisoren für beide Stromrichtungen gefunden auch wenn der Nerv für die eine erheblich empfindlicher war als für die andere.

Von grösstem Interesse würde offenbar die Ausdehnung der Versuche auf andere Praeparate, als die motorischen Froschnerven sein, so z. B. auf die motorischen Nerven des Warmblüters, auf den (curarisirten oder nicht curarisirten) Muskel u. s. w. Es scheint die Hoffnung nicht zu kühn, dass in der Ermittelung unserer Reizungsdivisoren eine schärfere Charakterisirung verschiedener irritabler Substanzen gefunden werden kann, als sie bisher möglich war. Auch nach dieser Richtung kann ich vorläufig nur wenige Orientirungsbeobachtungen mittheilen, welche mitzutheilen nur deshalb gestattet sein möge, weil vielleicht Andere dadurch zur Aufnahme derselben veranlasst werden. Ein Reizungsversuch, der an einem gesunden Menschen ausgeführt wurde, ergab, bei Application der Kathode am N. ulnaris, der Anode im Nacken, für die Kathodenschliessung einen Zeitdivisor ganz ähnlicher Grösse wie sie sich an Froschnerven finden, nämlich 2·4 für Anstiegsdauer 0·075 Sec.; bei directer Application auf die Musculatur des Unterarmes fand sich für die gleiche Anstiegsdauer der Werth 1·9.

Bei einem Muskel dagegen, welcher ausgebildete Entartungsreaction darbot, fand sich (bei directer Muskelreizung) gar kein Unterschied zwischen

Momentan- und Zeitschliessung. Die Divisoren waren also = 1, selbst für Anstiegsdauern von 0·125 Secunden. Aehnlich scheint sich auch der curarisirte Muskel des Frosches zu verhalten.

Die Dauer der Erregungswirkungen.

Wie oben gezeigt wurde, wirkt die einsinnige lineare Stromschwankung immer nur ziemlich kurze Zeit auf den Nerven erregend ein. Die Frage der Erregungsdauer ist nun aber von einem hervorragenden theoretischen Interesse und diese ist es, welche ich zunächst genauer studirt habe. Aus den oben mitgetheilten Resultaten ergiebt sich, wie man leicht sieht, nur eine obere Grenze für die Zeit, während welcher die Stromschwankung wirksam ist. Denn wir konnten nur aus dem proportionalen Wachsen der Intensität mit der Anstiegsdauer folgern, dass die länger dauernden Strom-

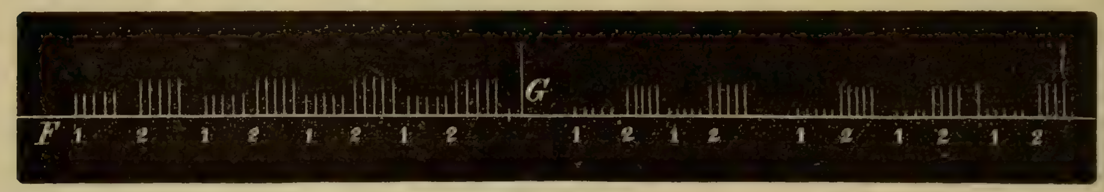


Fig. 5.
Höhe der Zuckungen bei Stromschwankungen gleicher Steilheit und ungleicher Dauer.
F { 1) 0·125 Sec. 2) 0·187 „ G { 1) 0·100 Sec. 2) 0·150 „

schwankungen in ihrem späteren Theile ganz unwirksam sind. Andererseits findet sich innerhalb engerer Grenzen, dass die länger dauernde Stromschwankung einen grösseren Effect giebt, als die kürzere, wenn beide von gleicher Steilheit sind. Dies tritt bei mittelstarken Zuckungen hübscher hervor, als wenn man die eine minimal und die andere Null macht. Fig. 5 zeigt z. B. Zuckungen, welche dasselbe Praeparat bei gleicher Steilheit der Stromschwankung lieferte, wenn dieselbe einmal 0·125 und 0·187 Sec. dauerte (1 und 2 der Figur bei *F*), das anderemal 0·100 und 0·150 (1 und 2 der Figur bei *G*). Oft fand sich aber ein solcher Unterschied selbst bei kleineren Anstiegszeiten als den angeführten nicht mehr. Es wäre indessen voreilig, wenn man hieraus ohne Weiteres die Dauer, während welcher Erregung des Nerven stattfindet, abnehmen wollte. Vielmehr ist denkbar, dass die Erregung erst beginnt, nachdem die Schwankung eine gewisse Zeit gedauert hat, und sehr kurze Zeit danach auch schon wieder zu Ende ist. Wenn man der Schwankung sehr geringe Steilheit giebt, so ist es sogar sehr wahrscheinlich, dass es sich so verhält; ein Theil des Stromanstieges ist dann so zu sagen als ein vorbereitender anzusehen; erst von einer ge-

wissen Zeit an beginnt die Erregung, um eine zunächst nicht bestimmbare, vielleicht äusserst kurze Zeit anzudauern. So sieht man, dass die bisherigen Zahlen für's erste nur obere Grenzen für die Dauer der Erregung abgeben können. Weiter gelangt man indessen durch eine andere Vergleichung. Sucht man z. B. für eine Anstiegsdauer 0·1 Sec. eine Steilheit, welche annähernd maximale Zuckungen ergiebt, so kann man nun bei allmählicher Verkürzung der Anstiegsdauer aber unverminderter Steilheit (somit Verminderung der überhaupt erreichten Intensität) sehen, wie lange die Zuckungsgrössen abnehmen und bei welcher Dauer sie Null werden. Findet sich nun, dass die Schwankungen bestimmter allemal gleicher Steilheit zuerst bei der Dauer α ganz kleine Zuckungen ergeben und dass diese bei zunehmender Schwankungsdauer wachsen bis zu einer Dauer β, so lässt sich jetzt mit mehr Recht behaupten, dass die Stromschwankung von der Dauer β während einer Zeit $\beta - \alpha$ wirksam ist, und man kann vermuthen, dass die Erregung des Nerven über eine solche Zeit protrahirt stattfindet. In einem derartigen Versuche fand ich:

Dauer des Anstiegs in $^1/_{1000}$ Sec. bei stets gleicher Steilheit.	75	50	25	18·7	15·0	12·5	25	50	75
Zuckungshöhe in Millim. (ca. 8 fach vergrössert).	38·8	37·3	24·2	21·2	9·6	0	26·0	37·3	38·2

Die Dauer der Erregung wäre hier auf 0·06 Sec. zu veranschlagen. Es kann indessen hier eingewendet werden, dass bei den kurz dauernden Schwankungen auch die gleichmässige Dauer des Stromes noch für die Erregung in Betracht kommen kann, und somit der Beginn derselben vielleicht erst hinter das zeitliche Ende der Schwankung zu legen ist. Danach wäre die Gesammtdauer der Erregung doch kürzer. Andererseits ist aber auch möglich, dass sie länger wäre, als es hiernach den Anschein hat. Denn es könnte ja recht wohl die länger andauernde Erregung keine Erhöhung der Muskelzuckung, sondern nur eine Streckung ihres zeitlichen Verlaufes bewirken. Untersucht man den zeitlichen Verlauf der Zuckungen bei Momentanreizen und Zeitreizen, so findet man zunächst auch hierdurch sofort bestätigt, dass die Erregungswirkung immer eine kurzdauernde ist. Die Zuckung zeigt in den meisten Fällen bei der Beobachtung mit freiem Auge keinen Unterschied, ob sie auf die eine oder die andere Weise ausgelöst sei. Es stimmt dies mit den Angaben von Fleischl[1] überein.

Die genauere Untersuchung, welche die Aufzeichnung der Zuckung auf schnell rotirender Trommel gewährt, zeigt indessen in vielen Fällen zwar

[1] v. Fleischl, Untersuchungen über die Gesetze der Nervenerregungen. 6. Abh. *Wiener Sitzungsberichte.* 1880. Bd. LXXXII. 3. Abth. S. 6 des *Sep.-Abdr.*

immer nur geringfügige, doch aber deutliche Unterschiede. Erwägt man, dass, wie wir oben sahen, manche Nerven, wenn ich mich so ausdrücken darf, nach einer kürzeren, andere nach einer längeren Zeiteinheit rechnen, so kann es nicht befremden, wenn in zahlreichen Fällen die Erregungsdauer zu kurz ist, um in der Muskelzuckung sich noch geltend zu machen. Als äusserstes Beispiel eines Unterschiedes im zeitlichen Verlauf gebe

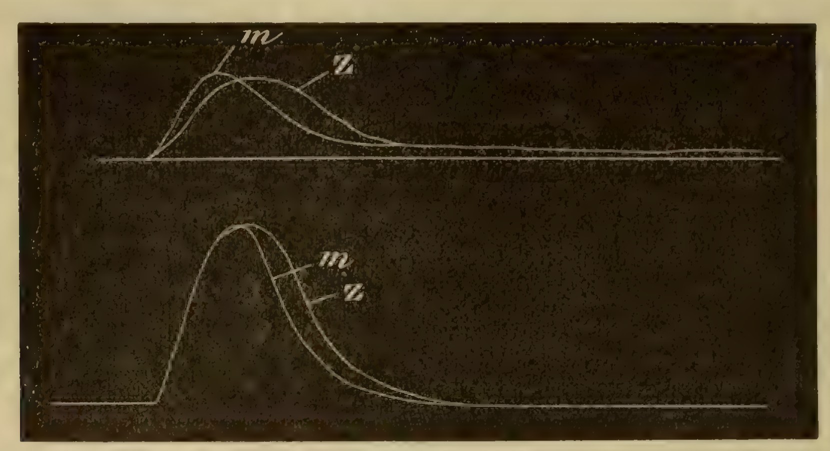


Fig. 6.

Zeitlicher Verlauf der Zuckung bei Momentan- und Zeitreiz. (*m* und *z*) 1 ^{mm} = 0·012 Sec.

ich in Fig. 6 die übereinander gepausten Zeichnungen je einer von demselben Muskel bei Momentanreiz und bei Zeitreiz ausgeführten Zuckung. Da 1 ^{mm} der Trommelperipherie $^1/_{85}$ Sec. entspricht, so ist der Zuckungsgipfel gegen den Zuckungsanfang um etwa $^1/_{25}$ Sec. verschoben. Oft ist auch nicht die geringste Spur einer solchen Differenz wahrzunehmen. Einen solchen Fall zeigt Fig. 7, wo die beiden Zuckungen nebeneinander gepaust sind, weil sie sonst vollständig zusammenfallen würden.

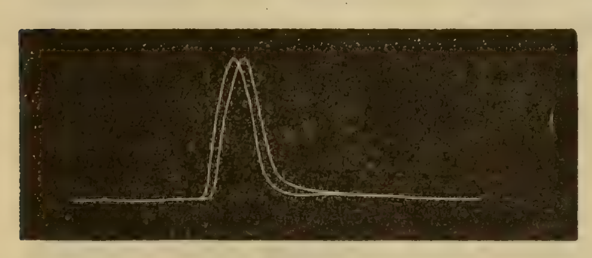


Fig. 7.

Zeitlicher Verlauf der Zuckung bei Momentan- und bei Zeitreiz. (Versuch vom 15. Jan. 84).

Auch diese Erscheinung deutet sich am ungezwungensten, wenn wir uns vorstellen, dass die Erregung des Nerven durch die einsinnige Stromschwankung eine gewisse Zeit hindurch andauere, welche unter Umständen gegen das zeitliche Maass der Muskelzuckung nicht mehr verschwindend klein ist. — Man wird auch hier kaum daran denken können, dieser Deutung die andere entgegenzustellen, dass es sich um eine Thätigkeit verschiedener Muskelelemente bei den Momentan- und Zeitreizen handle. Wenn schon die Gleichheit des Verlaufs bei minimalen Reizen dagegen spricht, so wird auch der sehr kleine Unterschied des Zuckungsverlaufs, wie wir ihn hier finden, eher dagegen als dafür sprechen, um so mehr da er oft ganz fehlt.

Ganz unmöglich erwiese sich aber diese Vorstellung der Thatsache gegenüber, dass in erheblicher Breite mit zunehmender Dauer einer Schwankung von bestimmter Steilheit die Zuckungsgrössen zunehmen. Denn man kann natürlich nicht die Grössenzunahme der Zuckung ausschliesslich dahin deuten, dass successive immer mehr und mehr Elemente in Thätigkeit gerathen.

Weit correcter als die bisher besprochenen Methoden, welche über die Dauer der Erregung nur indirect Aufschluss geben, erschien natürlich die Untersuchung der elektromotorischen Erscheinungen, welche ja schon z. B. bei der gewöhnlichen Tetanisirung des Muskels durch Inductionsströme den zeitlichen Verlauf der Erscheinungen so viel genauer zu verfolgen gestatten als die mechanische Erscheinungsweise. Ich habe mich zunächst der Untersuchung der negativen Schwankung des Muskelstroms zugewandt, und zwar aus mehreren Gründen; erstlich weil sie leichter ausführbar ist, besonders für einmalige Reize, als die analoge für den Nerven, welche noch durch die Einmischung der elektrotonischen Erscheinungen complicirt wird; zweitens, weil wir hierdurch zugleich über die Art und Weise Aufschluss erhalten, wie die Erregung auf den Muskel übertragen wird, ein Punkt, der ja von ebenso grossem Interesse ist als die Erscheinung am Nerven selbst.

Zur Untersuchung der Stromschwankung benutzte ich zwei Rheoskope, nämlich das physiologische (den stromprüfenden Schenkel), und das Capillarelektrometer. Bezüglich der Einrichtung des letzteren muss ich erwähnen, dass ich die Anwendung sehr feiner Capillaren erforderlich fand; nützlich ist es, die Capillaren so kurz als möglich zu machen und das Quecksilber beinahe in die Spitze zu drängen, um den Widerstand möglichst zu verringern. Eine Einrichtung, den Druck zu variiren, ist zu diesem Zwecke nothwendig. Will man den Apparat nicht zur Messung elektromotorischer Kräfte, sondern nur zur Beobachtung kleiner Ausschläge benutzen, so ist er mit den in jedem Institut zur Verfügung stehenden Hülfsmitteln leicht in sehr befriedigender Weise zusammengestellt.[1]

Fleischl[2] hat schon mitgetheilt, dass bei der Erregung durch sein

---

[1] Vortheilhaft fand ich es häufig, namentlich für die Beobachtung schneller Ausschläge, den Quecksilberfaden nicht in durchfallendem Licht zu beobachten, sondern dieses ganz schwach zu machen, so dass die Theilung des Ocular-Mikrometers noch gerade deutlich zu erkennen ist, und die Quecksilbersäule von vorne her scharf zu beleuchten. Sie erscheint dann als ein scharf begrenzter, sehr glänzender Lichtfaden; die Zuckungen desselben lassen sich gut bestimmen, auch wenn sie schnell verlaufen, besonders wenn man mehrere gleiche nach einander ausführen lässt. Da die beleuchtende Gaslampe bei dieser Methode dem Kopfe des Beobachters sehr nahe aufgestellt sein muss, so ist es nothwendig, sich, etwa durch einen Thoncylinder, gegen die strahlende Wärme zu schützen und nur in der Richtung zum Capillar-Elektrometer den Strahlen durch einen Spalt den Ausweg frei zu lassen.

[2] Fleischl, a. a. O. S. 22 des *Sep.-Abdr.*

Rheonom keine secundären Zuckungen oder Tetanisirungen erhalten zu seien; erst bei sehr stark übermaximalen Reizungen treten dieselben auf. Ich kann nach meinen Erfahrungen diese wichtige Differenz der Momentan- und der Zeitreizungen hinsichtlich der secundären Wirkungen durchaus bestätigen, muss dieselbe aber doch ein wenig anders formuliren. Die secundäre Unwirksamkeit der Zeitreize war, wenigstens bei den von mir angewandten Steilheiten, keine absolute, sondern nur eine relative im Vergleich zu den Momentanreizen. Nehmen wir als Maass für die Stärke eines Momentan- und eines Zeitreizes die Grösse der Zuckung, welche im primären Praeparat ausgelöst wird, so zeigt sich, dass gleicher Stärke der beiden Reize sehr ungleiche secundäre Wirkung entspricht, andererseits dass gleiche secundäre Wirkung erst erzielt wird, wenn der Effect des Zeitreizes im primären Praeparat ein stärkerer ist. Ein solches Verhalten illustrirt der folgende Versuch; es betrug die Anstiegsdauer 0·037 Secunde; die Zuckungen des primären Gastrocnemius wurden aufgeschrieben, die des secundären Praeparates nur mit freien Auge beobachtet; der Nerv desselben war dem primären Muskel direct aufgelegt und natürlich Sorge getragen, dass von Versuch zu Versuch keine Verschiebung eintrat.

Die Tabelle ist ohne Weiteres verständlich.

Versuch vom 21. Januar 1884.

Reizungsart.	Stromstärke.	Zuckung des primären Muskels.	Zuckung des secundären Muskels.
Momentan	7·0	15·2 mm	0
„	7·5	17·1 „	deutlich
Zeitreiz	45·0	20·0 „	0
„	55·0	22·0 „	0
Momentan	7·5	16·0 „	0
„	8·0	16·9 „	deutlich
Zeitreiz	55·0	22·4 „	0
„	65·0	23·8 „	0
Momentan	8·0	16·4 „	0
„	8·5	17·0 „	deutlich
Zeitreiz	75·0	24·4 „	minimal

Jede Horizontalreihe stellt das Resumé von drei Reizungsversuchen dar; für die Zuckungsgrösse des primären Muskels ist hier der Durchschnitt der sehr wenig differirenden Einzelwerthe genommen. Die Angabe der ersten und dritten Columne treffen für jede einzelne Reizung zu.

Man sieht, dass bei den Momentanreizen die secundäre Wirksamkeit bei einer Zuckungshöhe des primären Muskels von ca. 17 mm beginnt, bei den Zeitreizen dagegen erst bei über 24 mm spurweise auftritt.

Zum Zwecke genauerer Ermittelung wurde zunächst zur Benutzung eines anderen Praeparates übergegangen. Der Semimembranosus und Gracilis (oder auch nur einer der beiden Muskeln) wurde zur Reizung und Beobachtung der negativen Schwankung verwendet. Sie wurden an ihrem unteren Ende mit thermischem Querschnitt[1] versehen und sodann dieser und der natürliche Längsschnitt des Muskels mit unpolarisirbaren Elektroden ausgerüstet. Die Ableitung geschah so, dass die Bewegungen der Muskeln gar nicht durch dieselbe beeinträchtigt wurden und auch aufgezeichnet werden konnten. Führt man diesen ableitenden Bogen zu dem Ischiadicus eines anderen Froschschenkels, so hat man ein indirect angelegtes secundäres Praeparat. Die Erscheinungen an demselben sind ganz dieselben wie bei directer Anlegung des Nerven an den Muskel. Andererseits kann der Strom bequem compensirt und seine Veränderungen im Elektrometer beobachtet werden. Hier zeigt sich zunächst, dass bei den Zeitreizen ebenso wie bei den Momentanreizen ein einfacher, schnell verlaufender Ausschlag des Elektrometers eintritt, welcher die negative Schwankung des Längsquerschnittsstromes anzeigt. Derselbe dauert jedenfalls nur einen Bruchtheil einer Secunde. Ein Intermittiren oder eine Discontinuität, etwa eine Zusammensetzung aus mehreren Anstössen ist nicht wahrzunehmen. Auch wenn mit Hülfe des stroboskopischen Verfahrens der einfache Ausschlag in eine Bogenlinie auseinander gezogen wurde, war nichts derartiges zu entdecken.

Ein wichtiger Aufschluss über die zeitlichen Verhältnisse der negativen Schwankung lässt sich nun zunächst gewinnen, wenn man dieselbe Schwankung abwechselnd auf den Nerven eines secundären Praeparates und auf das Capillarelektrometer einwirken lässt. Es ist leicht ersichtlich, dass man in der gleichzeitigen oder abwechselnden Anwendung zweier Rheoskope von verschiedener Beschaffenheit sich das denkbar feinste Reagens auf Differenzen im zeitlichen Verlauf kurz dauernder Ströme verschaffen kann. So zeigt sich ja der Unterschied in dem zeitlichen Verlauf der Oeffnungs- und Schliessungs-Inductionsschläge leicht darin, dass beide auf den Nerven verschieden, auf die Bussole dagegen gleich stark wirken. Allgemein werden, wenn man Rheoskope benutzt, von denen wenigstens das eine hinsichtlich seiner Beweglichkeit den Zeitwerthen der zu beobachtenden Stromstösse vergleichbar ist, zwei Stromstösse verschiedenen zeitlichen Verlaufs, wenn sie auf das eine gleich stark wirken, auf das andere ungleich starke Wir-

---

[1] E. du Bois-Reymond, *Gesammelte Abhandlungen.* Bd. II. S. 408.

kung üben. Von diesem Princip ausgehend, wurde nun eine Einrichtung getroffen, um die negative Schwankung des Längsquerschnittstromes durch Umlegen einer Wippe nach Belieben auf ein secundäres Praeparat oder auf das Capillarelektrometer wirken zu lassen. Hierbei zeigte sich nun auf's Deutlichste, dass in den Ausschlägen des Capillarelektrometers gerade die entgegengesetzte Differenz, wie in den Reactionen des secundären Praeparates, zwischen den durch Momentanreiz einerseits und Zeitreiz andererseits hervorgerufenen negativen Schwankungen auftritt. Ich beobachtete also bei Zeitreizen stärkere Ausschläge am Capillarelektrometer, aber geringere Wirkung auf das secundäre Praeparat, als bei Momentanreizen. In beweisender Form zugespitzt gestaltet sich der Versuch so, dass man sich eine möglichst kleine Stromstärke sucht, welche bei Momentanschliessung eine deutliche secundäre Zuckung hervorruft und sodann eine andere, möglichst grosse, welche bei Zeitschliessungen noch keine secundäre Zuckung ergiebt. Sofort wird die Wippe umgelegt und die, dem einen und dem anderen Reize entsprechenden Ausschläge am Capillarelektrometer beobachtet; hierauf zur Controle wieder das secundäre Praeparat beobachtet.

In einem Versuche fand ich so bei Momentanreiz drei Theilstriche Ausschlag des Elektrometers und deutliche secundäre Zuckung; bei Zeitreiz (Anstiegsdauer 0·06 Sec.) sieben bis acht Theilstriche Ausschlag und keine secundäre Zuckung. — Ein anderer Versuch verlief folgendermaassen:

Anstiegsdauer	Ausschlag am Elektrometer	Secundäres Praeparat	Intensität des Reizungsstromes
Moment.	1	Zuckung	16
0·037	3—4	0	55
Moment.	1	Zuckung	11·5
„	1·5	„	14·0
0·037 Sec.	2·5—3	0	60
Moment.	1·0	Zuckung	13
0·062	1·5—2·5	0	85

Es geht hieraus mit voller Sicherheit hervor, dass die negative Schwankung in dem einen und anderen Falle (bei Momentan- und bei Zeitreizung) einen verschiedenen zeitlichen Verlauf nimmt. Ueber die Art dieses Unterschiedes lässt sich von vornherein schon aussagen, dass die der Zeitreizung entsprechende, durch geringere Steilheit und gestreckteren zeitlichen Verlauf charakterisirt sein wird. Vermuthlich ist der Integralwerth bei dem Zeitreiz grösser, doch lässt sich weder diese, noch auch die andere Frage, ob die überhaupt erreichte grösste Intensität der Schwankung in beiden Fällen verschieden ist, mit Sicherheit beantworten. Da indessen diese Vergleichungen ohnehin je nach der relativen Stärke beider Reize verschieden

ausfallen müssen, so erschien es zunächst als die Hauptsache, dass das zeitliche Verhalten sicher ein verschiedenes ist. Ueber dieses, bloss qualitative Resultat gelangt man durch die vergleichende Anwendung zweier Rheoskope schwer hinaus; wenigstens würden dazu ziemlich verwickelte Betrachtungen und eine genauere Kenntniss der Bewegungsgleichung für das gerade angewandten Elektrometerröhrchen erforderlich sein.

Es erschien deshalb wünschenswerth, den zeitlichen Verlauf der negativen Schwankung bei Zeitreizen in directer Weise und unter Anwendung bloss physikalischer Hülfsmittel zu verfolgen. Die Repetition der Reize, welche bei dem Bernstein'schen Differentialrheotom die Untersuchung so wesentlich erleichtert, stand hier zunächst nicht zu Gebote; übrigens wird ihrer Anwendung nichts im Wege stehen, sobald man im Besitze eines Rotationsapparates ist, welcher die geeigneten Stromschwankungen liefert und zugleich als Differentialrheotom wirkt. Bei der grossen Beweglichkeit des Capillarelektrometers gelingt aber die Verfolgung des zeitlichen Verlaufs einigermassen auch schon bei einer einzelnen negativen Schwankung. Es ist nur nothwendig, bei einzelnen Reizungen den Muskelstrom nur während eines sehr kurzen und im Verhältniss zu der reizenden Stromschwankung beliebig gelegenen Zeitraumes auf das Capillarelektrometer einwirken zu lassen. Zu diesem Behufe wurde das Federrheonom mit einem Schieber versehen, welcher der Peripherie der kreisförmigen Rinne entlang gleiten konnte. Dieser trägt eine metallische Schliessung, welche als Nebenschliessung zum Capillarelektrometer angebracht, die Einwirkungen des Muskelstromes auf dasselbe vollkommen abblendet. Der erwähnte metallische Contact bestand in einem dünnen Kupferdraht, welcher, schwach nach unten convex gebogen, sich von oben her auf eine Messingkuppe auflehnt; beide Theile sind zur Sicherung des Contacts amalgamirt. Dieser Contact wird nun bei jeder Abschiessung des Apparats einmal auf ganz kurze Zeit (etwa $^1/_{170}$ Sec.) unterbrochen, indem ein sehr dünnes Glimmerblättchen zwischen dem Kupferdraht und der Messingkuppe durchfährt und jenen von dieser trennt. Das Glimmerblättchen wird von einem horizontalen Arm der Axe *G* (Fig. 1 der Tafel; dieser horizontale Arm ist in der Figur nicht gezeichnet) getragen und somit ebenso wie die Zinkspitze abgeschossen.

Auf diese Weise gelangt der Muskelstrom jedesmal während kurzer Zeit zur Einwirkung auf das Elektrometer und wird sofort darnach wieder abgeblendet. Die kleine Einrichtung functionirte sehr befriedigend. Es ist natürlich hierbei erforderlich, dass der Ruhestrom des Muskels genau compensirt ist. Ermittelt man nun bei Zeitreizung zuerst den Totalausschlag des Capillarelektrometers, indem man die erwähnte Abblendung nicht schliesst, also die ganze negative Schwankung in das Capillarelektrometer bekommt, so findet man alsdann, dass bei Einschaltung der Abblendung, wo der

Muskelstrom nur während $^1/_{170}$ Sec. auf das Elektrometer wirken kann, stets nur Bruchtheile jenes Totalausschlages erhalten werden, im günstigsten Falle etwa ein Drittel, welche Stellung man auch dem Schieber geben mag. Hieraus geht schon hervor, dass die Dauer der negativen Schwankung ein Mehrfaches dieses Zeitwerthes umfassen muss. Durch öftere Wiederholung des Versuches und Variirung der Schieberstellung gelingt es sodann, Anfang und Ende der negativen Schwankung und einigermaassen ihren zeitlichen Verlauf festzustellen. Ich fand bei Anstiegsdauern von $^1/_{30}$ Sec. für die negative Schwankung eine Dauer von etwa 0·02—0·03 Sec. Und es liess sich auch nachweisen, dass die Dauer derselben durch Verminderung der Anstiegsdauer verkürzt wird, wie dies zu erwarten ist.

Als Beispiel theile ich das ausführliche Protokoll eines solchen Versuchs mit. Semimembranosus und Gracilis werden vom Plexus aus gereizt und der Strom vom Längsschnitt zum thermischen Querschnitt abgeleitet und compensirt. Die Breite des Glimmerblättchens beträgt 6·2 ^{mm}, die Anstiegsdauer des Reizungsstromes ist = 0·039 Sec.; die Zeit, während welcher der Muskelstrom einwirkt etwa 0·0059 Sec., der Totalausschlag beträgt 3·0 Theilstriche. Bei Einschaltung des Schiebers findet sich Folgendes (dabei ist die Entfernung des Schiebers danach gemessen, um wie viel Millimeter der Zinkstift die erste Elektrode passirt hat, wenn die Einwirkung des Muskelstromes auf das Elektrometer beginnt).

Schieberstellung.	Ausschlag des Elektrometers.
9	deutlich
8	0
15	deutlich
27	deutlich
30	deutlich
33	0
31	deutlich
9	deutlich

Der Spielraum, innerhalb dessen ein Ausschlag zu beobachten ist, beträgt hier 23 ^{mm} = 0·0286 Sec.

Es wird darauf die Anstiegsdauer auf 0·0052 Sec. vermindert. Nunmehr findet sich:

Schieberstellung.	Ausschlag.
9	deutlich
17	0
17	Spurweise
4	deutlich
2	Spur
1	0

Der Spielraum beträgt hier 15^{mm} = 0.0195 Sec.

Es ist nun leicht zu sehen, dass die Differenzen in Wirklichkeit noch erheblicher sind, als es hiernach scheint. Die Zeit der Stromeinwirkung ist nämlich keineswegs, wie es eigentlich sein sollte, sehr klein gegen die Dauer der ganzen negativen Schwankung. Berücksichtigt man dies, so sieht man dass die Dauer der Schwankung, wenn ihre Intensität gross ist, kleiner sein muss als der Spielraum der Schieberstellung, da es genügen wird wenn die Unterbrechungszeit auch nur zum Theil mit der Zeit der negativen Schwankung sich deckt. Man würde von der letzteren die Unterbrechungsdauer noch in Abrechnung zu bringen haben, um die erstere zu finden. Das zeigte sich sofort bestätigt, als die Breite des Glimmerblättchens auf $2 \cdot 5^{mm}$, die Unterbrechungszeit somit auf 0·0023 Sec. vermindert wurde. Bei der kurzen Anstiegsdauer 0·0052 blieben die Grenzen sehr gut bestimmbar und waren bei mittleren Schieberstellungen kräftige Ausschläge sichtbar, der Spielraum verminderte sich aber von 15 auf 9^{mm}, entsprechend 0·0117, also um 0·0078 Sec.; die negative Schwankung ist also hier vielleicht noch kürzer als 0·0117 Sec. Als Partialausschlag waren hier noch 1·5 Theilstriche zu erhalten (bei Schieberstellung 5) während der Totalausschlag 3 Theilstriche betrug. Anders nun bei der längeren Anstiegsdauer. Bei dem schmalen Glimmerblättchen, Unterbrechungsdauer 0·0023 Sec., konnte hier im äussersten Falle nur $^1/_2$ Theilstrich als Partialausschlag erhalten werden, obwohl der Gesammtausschlag nach wie vor 3 Theilstriche betrug, die Grenzen konnten jetzt nicht mehr scharf bestimmt werden. Hieraus ist ersichtlich, dass die Schwankung überhaupt nur geringere Werthe erreicht, und es wird auch anzunehmen sein, dass bei den Versuchen mit längerer Unterbrechungszeit nur dann noch Ausschläge beobachtet wurden, wenn nahezu die ganze Unterbrechungszeit in die Zeit der negativen Schwankung hineinfällt. Hiernach wäre die Dauer der letzteren noch grösser, als dem Spielraum der Schieberstellung entspricht.

Wie man sieht ist die Feinheit der zu Gebote stehenden Methoden der zu beantwortenden Frage nur eben gewachsen und es soll das Mitgetheilte keineswegs als Präcisionsmessung der in Rede stehenden Zeitwerthe gelten. Mag man indessen die Unsicherheit in der Beobachtung kleiner schneller Ausschläge noch so hoch veranschlagen, man wird doch immer nur daraus folgern können, dass die Dauer der Schwankung noch grösser sei, als sie angegeben wurde. Aber soviel kann als ganz sicher gestellt angesehen werden, dass sie weit über die von Bernstein gefundenen Werthe hinausgeht, und dass sie von der Steilheit des Anstiegs abhängig ist.

Wir sind also berechtigt zu resumiren, dass man durch lineare Stromschwankungen von endlicher Steilheit Nerv und Muskel zwar nur in kurz dauernde Erregungszustände versetzen kann, doch aber, und nach Allem

was man weiss, in stetiger Weise, in erheblich längere als durch Momentanreize.

Der Erregungsanstoss, welchen der Nerv dem Muskel ertheilt, ist nicht ein stets gleichmässiger, fest praeformirter Vorgang, der nur durch verschiedene Intensität und durch mehr oder weniger frequente Wiederholung verschiedene Wirkungen hervorbringt, er ist vielmehr selbst ein Vorgang von bedeutender Variabilität des zeitlichen Verlaufs. Demgemäss kann die Dauer der negativen Schwankung das sechsfache des von Bernstein für momentane Reize gefundenen Werthes erreichen.

Die physiologische Innervation.

Diese Thatsachen werfen, wie ich glaube, ein bemerkenswerthes Licht auch auf die physiologische Innervation. Dass die physiologischen Contractionen im Allgemeinen oscillatorischer Natur sind, kann als sichergestellt betrachtet werden. Die Beobachtung des Muskeltons und namentlich des Mitschwingens[1] waren die ersten, welche dies nachwiesen; diesen gesellte sich später das bei günstiger Beleuchtung unter der Haut sichtbare Flimmern hinzu, welches Brücke[2] beschrieb. Endlich gelang es in jüngster Zeit Lovén[3] sowohl bei Strychnintetanus als bei normaler Willkürinnervation die Oscillationen des Muskelstromes mit Hülfe des Capillarelektrometers zu beobachten. Ich habe, wie ich gleich bemerken will, diese Versuche mit genau gleichem Erfolg wiederholt.[4]

War man nun bisher geneigt, anzunehmen, dass die physiologische Innervation in einer Anzahl einzelner Anstösse bestünde, für deren jeden der Bernstein'sche Werth von $^1/_{250}$ Secunde als maassgebend zu betrachten sei und die in bestimmtem Rhythmus aufeinander folgten, so ergaben sich eine Anzahl von Schwierigkeiten. Erstens, warum lieferte die

---

[1] Helmholtz, *Verhandlungen des naturhistoricch-medicinischen Vereins zu Heidelberg.* 1866. Bd. IV. *Gesammelte Abhandlungen.* Bd. II. S. 929.

[2] Brücke, *Wiener Sitzungsberichte.* Bd. LXXVI. 3. Abth.

[3] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften* 1881.

[4] Die Möglichkeit, dass diese Oscillationen durch fehlerhafte Reactionsweise (Eigenschwingungen) des Capillarelektrometers vorgetäuscht seien, scheint mir absolut ausgeschlossen. Denn das Capillarelektrometer ist ein vollkommen aperiodischer Apparat. Wenn es daher eine grosse Anzahl von Oscillationen, welche durch eine ganze Anzahl Secunden ungeschwächt andauern, anzeigt, so ist für diese eine andere Ursache als Oscillationen der einwirkenden elektromotorischen Kraft ganz undenkbar.

physiologische Contraction im Allgemeinen keinen secundären Tetanus? Zweitens, wie war zu erklären, dass ein Froschmuskel schon durch acht Anstösse in der Secunde in vollkommen stetigen Tetanus versetzt werden konnte, während Inductionsschläge zu dem gleichen Effect in erheblich grösserer Frequenz einwirken müssen? Hierzu kann noch die Beobachtung Wedenskii's[1] gefügt werden, dass die beim physiologischen Tetanus mittels des Telephons wahrzunehmende akustische Erscheinung eine ganz andere ist, als die durch Reizung mit 18—20 Inductionsschlägen per Secunde zu erzielende. Die Vermuthung Lovén's, dass der physiologische Einzelreiz zeitlich viel gedehnter sei, als der durch den Inductionsschlag zu erzielende Momentanreiz, erklärt alle diese Erscheinungen auf's Einfachste; und sie findet, glaube ich, in den oben angeführten Ermittelungen über die Wirkung linearer Stromschwankung eine werthvolle positive Stütze. In der That ist es nicht unberechtigt zu sagen, dass die elektrischen Zeitreize eine Vermittelung zwischen dem Momentanreiz und dem physiologischen Reiz darstellen. Diese Vermittelung wird wohl eine noch vollständigere werden, wenn Beobachtungen über stetige Tetanisirung durch Stromoscillationen von geringerer Frequenz und endlicher Steilheit vorliegen. Es wird bei dieser Auffassung der physiologischen Innervation die andere Vorstellung entbehrlich, welche von Brücke erörtert wurde, und welche, wie bekannt, das Ausbleiben des secundären Tetanus durch die Ungleichzeitigkeit der Erregungsvorgänge in den einzelnen Muskelfasern erklären wollte. Diese Vorstellung scheint bei dem gegenwärtigen Stande der Kenntnisse keineswegs wahrscheinlich, aber doch unwiderleglich und sie macht es, wie ich glaube, unmöglich, so lange die Beobachtung einzelner Muskelelemente nicht gelingt, über die physiologische Innervation etwas Bestimmtes zu beweisen. Unwahrscheinlich ist sie deswegen, weil es nicht einzusehen ist, weswegen bei der ungleichzeitigen Thätigkeit der einzelnen Elemente eine Beobachtung der Actionsströme an sehr vielen Elementen zugleich doch noch immer einen regelmässigen Rhythmus erkennen lässt, während man doch erwarten sollte, die Rhythmik hier durch die grosse Zahl der verschiedenen Phasen ganz verschwinden und durch eine scheinbare Stetigkeit ersetzt zu sehen. Wie dem auch sein mag, jedenfalls lässt sich, so viel ich sehe, aus Beobachtungen über die physiologische Innervation die Existenz der protrahirten Erregungsanstösse niemals mit Sicherheit nachweisen. Aus demselben Grunde bleibt die nun zunächst sich darbietende Aufgabe mit einer, gar nicht zu beseitigenden Unsicherheit behaftet, die nämlich, die Dauer des physiologischen Reizanstosses zu bestimmen. Selbst bei der erwähnten Unsicherheit der Deutung schien es mir aber doch von grossem

[1] *Dies Archiv.* 1883. S. 324.

Interesse, über die Dauer der einzelnen Schwankung bei physiologischer Innervation etwas zu ermitteln. Es gelang dies ganz von selbst bei Wiederholung der Lovén'schen Versuche über den Strychnintetanus. An einem enthirnten Frosch wird der Semimembranosus und Gracilis mit thermischem Querschnitt und mit Ableitungselektroden versehen, und sodann eine kleine Dosis Strychnin in die Lymphsäcke eingespritzt. Im Beginn der Strychninwirkung erhält man nun bei mechanischer Reizung sehr mannichfaltige Bilder der Bewegung im Capillarelektrometer, indem die einzelnen Innervationsanstösse sich in kleinerer oder grösserer Zahl combiniren. Eine sehr häufige Erscheinung aber bilden einzelne Ausschläge, welche keinerlei Discontinuität oder Intermittenz erkennen lassen, und welche relativ langsam verlaufen, so dass man sie auf den ersten Blick von den durch elektrische Momentanreize hervorgerufenen Einzelschwankungen unterscheiden kann. Ich schätze ihre Dauer auf $^1/_3$ Secunde. Was den Tetanus anlangt, so bemerkt man bei den mässig lange andauernden Anfällen im Anfang die grösste Frequenz der Oscillation, welche 8 bis 9 per Secunde nicht überschreitet. Gegen Ende des Anfalls werden die Oscillationen langsamer und hören in der Regel mit einem Rhythmus von 3 bis 4 in der Secunde auf. Da auch hierbei keine Auflösung der Contraction in einzelne Zuckungen, sondern ein langsames Nachlassen zu beobachten ist, so erscheint es nicht unwahrscheinlich, dass die Dauer des physiologischen Reizanstosses $^1/_3$ Secunde erreichen kann. Ganz ähnliche Ausschläge von einfachem, aber gestrecktem Verlauf (ca. $^1/_3$ Secunde) erhielt ich auch am unvergifteten Frosch bei Reizung des Rückenmarkes mittels einzelner Inductionsschläge. Da man hierbei bekanntlich durch Stromschleifen sehr leicht die vorderen Wurzeln direct reizen kann, so sieht man häufig im Elektrometer den kurzen Ausschlag, welcher dem elektrischen Reiz entspricht, gefolgt von dem langsameren, welcher den durch das Rückenmark übertragenen Reiz darstellt. Macht man den Strom stärker, so wird der letztere oscillirend. Dass die Dauer des physiologischen Innervationsanstosses bis $^1/_3$ Secunde betragen könne, erscheint mir nicht unwahrscheinlich; doch bleibt dabei zu beachten, dass wir vorläufig keine Veranlassung haben, dem physiologischen Einzelreiz eine bestimmte, allemal gleiche Dauer zuzuschreiben. Der letztere Punkt, die Mannichfaltigkeit der physiologischen Innervation, erscheint mir noch in anderer Beziehung wesentlich. Wenn, wie Lovén angab und ich bestätigen kann, die Oscillationsfrequenz der physiologischen Innervation innerhalb einer gewissen Breite variabel ist, so kann es auch so sehr nicht auffallen, wenn bei elektrischer Tetanisirung des Rückenmarkes eine noch höhere Frequenz erreicht wird. Helmholtz sagt a. a. O.: „dagegen sah ich schwache Schwingungen der Feder, welche der natürlichen Vibrationszahl des Froschrückenmarkes zu entsprechen schienen,

wenn ich den Inductionsapparat auf 120 Schwingungen einstellte, und die mitschwingende Feder auf 16 Schwingungen.“ Weder Lovén noch ich konnten im Capillarelektrometer bei physiologischer Innervation eine Oscillation über 8 bis 9 per Secunde beobachten. Wenigstens kann wohl auf Grund dieser Differenz bezüglich der Frequenz noch nicht die jedenfalls sehr unwahrscheinliche Annahme gemacht werden, dass die von Helmholtz beobachtete mechanische und die von uns beobachtete elektrische Oscillation verschiedene Frequenz zeigen.

Als wesentliches Ergebniss der im Vorstehenden mitgetheilten Versuche betrachte ich einerseits den Nachweis der von der bisher studirten abweichenden Form, in welcher die Erregungsanstösse vom Nerven auf den Muskel übertragen werden; vor Allem aber die Gewinnung bestimmter Ergebnisse, welche die Bedeutung der Steilheit für die Erregungswirkung ziffernmässig darzulegen gestatten. Ein oft ausgedrückter Wunsch ist hiermit wenigstens zum Theil befriedigt; und es ist leicht zu sehen, dass einer sehr mannichfaltigen Ausdehnung der Versuche nach wesentlich gleicher Methode keine Schwierigkeit entgegensteht. Ein theoretisches Interesse knüpft sich, wie mir scheint, vorzugsweise daran, dass in unseren Divisoren ein sehr leicht festzustellendes Charakteristicum des Nervenzustandes gewonnen ist, welches auf die Erregbarkeit Bezug hat und experimentell durch Veränderung der Temperatur variirt werden kann. Erwägt man, dass auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung durch die Temperatur variirt werden kann, so drängt sich nunmehr die Frage auf, welche physikalische Eigenschaft des Nerven durch die Temperatur direct beeinflusst wird, und der Wunsch, die sämmtlichen in diesem Zusammenhange stehenden Erscheinungen unter einen einheitlichen Gesichtspunkt zu bringen.

Anmerkung. Das Federrheonom, mit welchem ich arbeitete, war von Hrn. Baltzar & Schmidt in Leipzig gearbeitet; ich bin gegenwärtig noch mit einigen Abänderungen beschäftigt, welche namentlich die bequemere Variirung und Messung der Elektrodenabstände betreffen; sobald eine definitive Form vereinbart ist, werde ich dies, sowie den Preis, für welchen das Instrument von ihnen bezogen werden kann, bekannt geben.

Erklärung der Tafel.

Fig. 1. Abbildung des Feder-Rheonoms.

Figg. 2. und 3. Graphische Darstellung der zu verschiedenen Anstiegsdauern gehörigen Reizungsdivisoren (gleich wirksamen Strom-Intensitäten) 1 Mm. der Abciss. = $^1/_{1000}$ Sec.

Fig. 4. Graphische Darstellung der Reizungsdivisoren (ausgezogene Curve) und der gleichwirksamen Stromschwankungen.

Zur Physiologie der Lymphkörperchen.

Von

Joh. Dogiel.

(Hierzu Taf. V a.)

Die weissen oder farblosen Blut-, Chylus-, Eiterkörperchen, Leucocythen und die sogenannten Wanderzellen werden gegenwärtig identificirt. Diese von Hewson[1] zuerst bemerkten, geformten Elemente bilden sich in der adenoiden Substanz von His, oder in der cytogenen Bindesubstanz von Kölliker, in den Lymphdrüsen, in der Milz und verschiedenen anderen Organen und ebenfalls im Blute und in der Lymphe durch Theilung (L. Ranvier,[2] Permeschko[3]). M. Schultze[4] unterscheidet zwei Arten der Lymphkörperchen: die grobgranulirte und die feingranulirte Form. Erwägt man aber, dass die lebenden Lymphkörperchen ihre Form wechseln können, so lässt sich ihre beständige Form sehr schwer feststellen. So überzeugt uns ein Blick auf die sub a in der beigelegten Tafel hingezeichneten 38 Lymphkörperchen des Frosches, dass, so lange die Bewegungsfähigkeit derselben sich erhält, eine Angabe einer beständigen Form gar nicht möglich ist. Natürlich muss man sich ihre Form noch mannichfaltiger, als die Zeichnung hier angiebt, denken. Ueber die Form der Lymphkörperchen überhaupt lässt sich nur sagen, dass jedes von ihnen eine mehr oder weniger körnige Protoplasmamasse darstellt, in welcher ein stärker contourirter Theil, der sogenannte Kern, bemerkbar ist. Auch letzterer kann sich im lebenden Lymphkörperchen verschieden gestalten:

[1] Hewson, *Philosophical Transactions,* 1770 and 1773.

[2] Ranvier, Recherches sur les éléments du sang. *Archives de Physiologie normale et pathologique.* 1875.

[3] *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. XVII. S. 170.

[4] *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. I. S. 15.

bald als ein Kern mit einem Kernkörperchen, bald als ein Aggregat von zwei oder mehreren Kernen erscheinen. Aggregirte Kerne sind besonders beim Absterben und bei der Vermehrung der Lymphkörperchen constatirbar. Ebensowenig lässt sich etwas Bestimmtes über die Grösse der Lymphkörperchen angeben, obwohl Kölliker, M. Schultze, L. Ranvier u. A. Grössenangaben machen; man ersieht jedoch eine Differenz in denselben, wenn man die angegebenen Zahlen vergleicht. Die Lymphkörperchen des Menschenblutes sind nach Kölliker und Virchow kleiner als die rothen Blutkörperchen. Nach Ranvier[1] zeichnen sich die Lymphkörperchen beim mexikanischen Axolotl durch ihre Grösse besonders aus: in der Ruhe ist ihr Mittel 25 μ; zuweilen aber erreicht er den Werth von 50 μ mit einem Kern von 30 μ Durchmesser.

Die Schwierigkeit einer genauen Grössenbestimmung der Lymphkörperchen entspringt ebenfalls aus ihrer Bewegungsfähigkeit. Die körnige Lymphkörperchenmasse erinnert in ihren Eigenschaften an das Pflanzen- (Diatomeen-) und Thierprotoplasma (Rhizopoden; Beale's *Germinal matter; Sarcode* Dujardin's). Diese Aehnlichkeit zeigt sich besonders in der gleichen Fähigkeit auf Reize sich zusammenzuziehen und die Form verschieden zu wechseln. Nachdem Lieberkühn[2] zuerst die selbständige Bewegung der Lymphkörperchen im Blute bei Wirbelthieren und Menschen beobachtet hatte, sah Häckel dasselbe beim Flusskrebs und dann Lieberkühn selbst noch in der Lymphe von Fröschen und in der Ascitesflüssigkeit eines Kranken. Brücke,[3] Virchow,[4] Wittich[5] u. A. fanden, dass die Pigmentzellen in der Froschhaut, und Recklinghausen,[6] dass einige Bindegewebszellen im Kaulquappenschwanze und in der Cornea gleichfalls contractil sind. In der Cornea sah Recklinghausen Zellen, welche gleich den Lymph- und Eiterkörperchen sich bewegen und ihre Form verändern können. Ueberhaupt kommt dem Protoplasma jugendlicher Zellen Beweglichkeit zu. Während der Circulation sieht man in den Blutgefässen die Lymphkörperchen gewöhnlich im Wandungsstrom, während die rothen Blutkörperchen im Axenstrom sich befinden. Den Grund sucht man nicht nur in grösserer Klebrigkeit und geringerer Elasticität der Lymphkörperchen, sondern auch in der verschiedenen specifischen Schwere der farbigen und farblosen Blutzellen.[7]

---

[1] A. a. O.
[2] *Dies Archiv.* 1854. S. 12.
[3] *Dies Archiv.* 1854. S. 51.
[4] Virchow's *Archiv.* Bd. IV. S. 266.
[5] *Dies Archiv.* 1854. S. 41.
[6] Virchow's *Archiv.* Bd. XXVIII. Hft. 1—2.
[7] Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1868. Bd. I. S. 603.

Die Lymphkörperchen bleiben oft an der Gefässwand kleben, bis sie ein neuer Blutstromstoss weiter treibt. Bei verlangsamtem Blutstrom können sie sich in bedeutender Menge im Gefässe anhäufen. Ausserdem können die Lymphkörperchen die Gefässwand durchsetzen, wie es Waller,[1] Addison,[2] Cohnheim[3] u. A. beobachtet haben. Aus dem Gefäss gelangt, setzen sie ihre Wanderung fort oder häufen sich an einer Stelle an. Die Klebrigkeit und Contractionsfähigkeit der Lymphkörperchen setzt eine gewisse Consistenz ihres Protoplasma voraus. Da eine Membran ihnen vollkommen abgeht, können sie bei ihrer Formveränderung feinzertheilte Substanz in sich aufnehmen und mit sich bei ihrer Wanderung in mehr oder weniger entfernte Orte tragen, wie es von verschiedenen Beobachtern angegeben ist und ich es gleichfalls constatiren konnte, als ich fein zertheilte Farbstoffe (Carmin) in den Lymphsack eines Frosches brachte und das Blut des Thieres hernach unter dem Mikroskop betrachtete. M. Schultze[4] sah Lymphkörperchen, welche Milchkügelchen enthielten, wenn man sie mit letzteren in Berührung brachte. Prof. Zawarykin[5] fand in neuester Zeit, dass die Lymphkörperchen bei der Fettverdauung im Dünndarm thätig sind.

Alles das zeigt, dass die Lymphkörperchen an den verschiedensten physiologischen wie pathologischen Vorgängen des Thierorganismus sich betheiligen können und sich auch wirklich betheiligen. Dieser Aufgabe genügen die mehr beweglichen und ihre Form verändernden Lymphkörperchen natürlich in höherem Grade. Hiernach erhält die Eintheilung der Lymphkörperchen von M. Schultze[6] nicht nur nach ihrer Form, sondern auch darnach, ob sie energisch oder schwach sich bewegten, einiges Interesse. Er sagt: „Im Allgemeinen sind die grobgranulirten viel weniger geneigt zur Aufnahme fremder Körper als die feingranulirten". Ausserdem konnte er vermittelst eines heizbaren Objecttisches eine Abhängigkeit der Bewegung der Lymphkörperchen von der Temperatur nachweisen. Er fand, dass die Lymphkörperchen bei 38—42° C. in drei Stunden vollkommen ihre Bewegungsfähigkeit verlieren, während sie bei 3—5° C. letztere mehrere Stunden beibehalten. Die Temperatur ist jedoch nicht das einzige Agens, welches die amoeboiden Bewegungen

---

[1] *Wiener medicinische Wochenschrift.* 1868. Nr. 56 u. 57.

[2] Addison, *On healthy and diseased structure.* London 1849.

[3] *Berliner klinische Wochenschrift.* 1867. S. 27.

[4] A. a. O.

[5] Zawarykin, Ueber die Fettresorption im Dünndarme. Pflüger's *Archiv* u. s. Bd. XXXI.

[6] A. a. O.

der Lymphkörperchen beeinflusst. Richardson[1] und Stricker[2] sahen, dass farblose Blutkörperchen nach Einwirkung von Wasser kugelig wurden und darnach auf Zusatz von $^1/_4$—1 Procent NaCl-Lösung ihre Bewegungen wieder aufnahmen. Thoma[3] bahauptet, dass die Concentration des Blutplasma's einen Einfluss auf die Bewegung der farblosen Blutkörperchen hat; im concentrirteren Plasma bewegen sie sich weniger als im verdünnteren. Sauerstoff begünstigt, CO_2 behindert die Bewegung der farblosen Blutkörperchen. Paul Bert constatirte, dass die Lymphkörperchen des Frosches ihre Bewegung einstellten, wenn sie in O_2 unter einen Druck von 3 bis 6 Atmosphaeren kamen. Golubew[4] konnte den Einfluss der elektrischen Reizung auf die Bewegung und Formveränderung der Lymphkörperchen feststellen.

Erwägt man die Bedeutung der Bewegung und Formveränderung der Lymphkörperchen in der Physiologie und Pathologie, so wird man sich gewiss dafür interessiren, inwiefern diese Erscheinungen von verschiedenen Arzneimitteln und Giften beeinflusst werden können. In dieser Hinsicht liegt die Angabe von Binz[5] vor, dass Chinin die Bewegung der farblosen Blutkörperchen vollkommen vernichte. Wenn das auch nicht ganz zutrifft, so hat Binz hierdurch doch den Anstoss zur weiteren Bearbeitung dieser Frage gegeben. Schtschepotjew,[6] welcher in meinem Laboratorium arbeitete, konnte keine Schwächung der amoeboiden Bewegung der farblosen Blutkörperchen des Frosches bemerken, wenn letzterem 0·06—0·014 ^{grm} Chin. muriat. in wässeriger Lösung unter die Haut geführt war. Nur bei starken Gaben (0·018—0·025 ^{grm}) dieser Substanz, wodurch bei dem Thiere die Reflexe schon unterdrückt wurden, bleiben die farblosen Blutkörperchen 3—5′ bewegungslos, nahmen hiernach jedoch ihre Bewegungen wieder auf. Die gleiche Erscheinung beobachtete Schtschepotjew, wenn er Blausäure oder Aethylalkohol den Thieren in die Blutbahn brachte.

Vorliegende Notiz soll kurz die Veränderungen der Lymphkörperchen unter der Wirkung einer Reihe von Arzneimitteln und Giften vorführen und hierdurch einen Beitrag zum Verständniss der Wirkung verschiedener Substanzen auf das Thierprotoplasma überhaupt und dasjenige der Lymphkörperchen speciell liefern.

Die Untersuchungsmethoden waren verschieden. Entweder brachte man dem Thier (Frosch) eine bestimmte Menge der betreffenden Substanz, z. B. Chinin, unter die Haut, oder auch auf anderem Wege bei und unter-

---

[1] *Monthly microscopical Journal* 1869. p. 147.

[2] Stricker's *Handbuch der Gewebelehre.* 1871. S. 17.

[3] *Archiv für pathologische Anatomie.* Bd. LXII.

[4] *Sitzungsberichte der Wiener Akademie.* 1866. Bd. LVII. S. 557.

[5] *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie.* 1873. Bd. I.

[6] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XIX. S. 54.

suchte nach einiger Zeit einen Tropfen Blut des Thieres mikroskopisch, oder, was vergleichsweise leichter ist, man verfolgte die Wirkung des einen oder anderen Agens auf die Lymphkörperchen, indem man einen Tropfen Blut in die feuchte Kammer brachte, ein Lymphkörperchen fixirte, es zeichnete, darauf die betreffende Substanz zu dem Praeparat that und das Lymphkörperchen jetzt weiter beobachtete und sowohl während wie nach der Einwirkung des Mittels wieder abzeichnete. Noch einfacher kann man sich über die Wirkung verschiedener Stoffe auf die Lymphkörperchen Aufschluss verschaffen, wenn man die bestimmte Substanz zu einer geringen Menge Blutes bringt und nachdem dieses Blut hinsichtlich der Lymphkörperchen untersucht. Schliesslich kann man eine Spur Blut auf einen Objectträger bringen, mit einem Deckgläschen bedecken und irgend ein Lymphkörperchen einige Zeit beobachten; hierauf legt man einen Tropfen der Lösung der zu prüfenden Substanz auf den Rand des Praeparates, woher sie bald auch zu dem beobachteten Lymphkörperchen gelangt. Hat man sich das Lymphkörperchen vor und während der Einwirkung einer bestimmten Substanz gezeichnet, so kann man die Veränderungen leicht ersehen.

Bei meinen Untersuchungen überzeugte ich mich, dass die Form und die Bewegungsfähigkeit der Lymphkörperchen von verschiedenen Agentien verschieden alterirt wird, so von der Temperatur, den Metallsalzen, Säuren, Alkalien und Alkaloiden. Die Formveränderung war zuweilen so charakterisirt, dass man darnach sich einen Rückschluss auf das verändernde Agens erlauben konnte.

Im Allgemeinen wurde hierbei bemerkt: Verkleinerung, Contraction, Auftreten stärkerer Granulation des Protoplasma's der Lymphkörperchen, schärferer Contour des Kernes, Kugeligwerden unter einer Art von Erstarrung, oder die Lymphkörperchen hellen sich mehr auf, es treten aus ihnen Bläschen von verschiedener Grösse (durch Essigsäure oder Arsenigsäure-Anhydrid), oder die Lymphkörperchen verschwinden vollständig, wie z. B. bei der Einwirkung von Aetzkali oder Aetznatron oder Nicotin.

Interessant ist der Umstand, dass die Form der Lymphkörperchen durch die Alkaloide unvergleichlich stärker, als die der rothen Blutkörperchen verändert wird.

Zuweilen schien es mir, als ob die aus den Lymphkörperchen tretenden Bläschen gefärbt wären (Fig. 18).

Es würde uns sehr ermüden, wollten wir die Wirkung eines jeden von mir angewendeten Mittels auf die Lymphkörperchen speciell beschreiben, weshalb ich vorziehe, hier diese Wirkung in einer Reihe von Abbildungen zu demonstriren, wodurch man viel schneller und besser, als durch eine

noch so genaue Beschreibung sich über die Veränderungen der Lymphkörperchen unter der Einwirkung verschiedener Agentien instruirt.

Hat man sich über die Veränderungen, welche die Lymphkörperchen durch verschiedene Agentien erfahren, einen Einblick verschafft, so wird man begreifen, wie wir durch dieselben Agentien verschiedene physiologische und pathologische Processe, an denen die Lymphkörperchen thätigen Antheil haben, beeinflussen können.

Erklärung der Abbildungen.

Alle Zeichnungen sind in zwei Columnen angeordnet, unter *a* und *b*. Unter *a* sieht man das Lymphkörperchen, wie es normal zur Beobachtung gelangt, unter *b* sieht man die Veränderung, welche es unter einem bestimmten Agens erfahren hat. Die Lymphkörperchen sind bei Syst. 7 und Ocul. 3 Hartnack beobachtet und gezeichnet worden.

Fig. 1. Veränderungen des Lymphkörperchens durch Erwärmung auf ca. 40° C.
Fig. 2. „ „ „ „ 5 proc. Sublimatlösung.
Fig. 3. „ „ „ „ 5 proc. Blei-Acetatlösung.
Fig. 4. „ „ „ „ gesättigte wässrige Alaunlösung.
Fig. 5. „ „ „ „ gesättigte wässrige K Cl.
Fig. 6. „ „ „ „ gesättigte wässrige NH_4 Cl.
Fig. 7. „ „ „ „ 30 proc. Aetzkalilösung.
Fig. 8. „ „ „ „ Harnstofflösung.
Fig. 9. „ „ „ „ ½ proc. Essigsäurelösung.
Fig. 10. „ „ „ „ ½ proc. Salpetersäurelösung.
Fig. 11. „ „ „ „ ½ proc. Salzsäurelösung.
Fig. 12. „ „ „ „ starke Schwefelsäure.
Fig. 13. „ „ „ „ ½ proc. Schwefelsäurelösung.
Fig. 14. „ „ „ „ gesättigte Tanninlösung.
Figg. 15 u. 16. „ „ „ „ 5 proc. Phenollösung.
Fig. 17. „ „ „ „ ½ proc. Phenollösung.
Fig. 18. „ „ „ „ gesättigte wässrige Lösung von Arsenigsäure-Anhydrid.
Figg. 19 u. 20. „ „ „ „ arsenige Säure.
Fig. 21. „ „ „ „ 1 proc. Osmiumsäure.
Fig. 22. „ „ „ „ 30 proc. Aethylalkohol.
Fig. 23. „ „ „ „ 20 proc. Aethylalkohol.
Figg. 24 u. 25. „ „ „ „ Chloroform.
Fig. 26. „ „ „ „ gesättigte wässrige Chininsulfatlösung.
Fig. 27. „ „ „ „ gesättigte wässrige Lösung von Strychn. sulf.
Fig. 28. „ „ „ „ gesättigte wässrige Lösung von Atrop. sulf.

Fig. 29. Veränderung des Lymphkörperchens durch gesättigte, wässrige Lösung von Pilocarp. muriat.
Fig. 30. „ „ „ „ gesättigte, wässrige Lösung von Morph. acet.
Fig. 31. „ „ „ „ gesättigte, wässrige Lösung von Muscar. sulf.
Fig. 32. „ „ „ „ gesättigte, wässrige Lösung von Aconit. sulf.
Fig. 33. „ „ „ „ gesättigte, wässrige Lösung von Eosin sulf.
Fig. 34. „ „ „ „ Veratrin.
Fig. 35. „ „ „ „ 10 proc. Digitalinlösung.
Fig. 36. „ „ „ „ Hn S.
Fig. 37. „ „ „ in der Chloroformnarkose beim Frosch.
Fig. 38. „ „ „ durch Nicotin.

Ueber die Benutzung curarisirter Thiere zu Stoffwechseluntersuchungen.

Von

N. Zuntz.

(Aus dem thierphysiologischen Laboratorium der landwirthschaftlichen Hochschule in Berlin.)

(Hierzu Taf. VI.)

Die Grösse des Sauerstoffverbrauches und der Kohlensäureausscheidung der Thiere wird bekanntlich in hervorragendster Weise beeinflusst durch die Thätigkeit der Muskeln. Lavoisier und Séguin fanden, dass der stündliche Sauerstoffverbrauch des ruhenden Menschen von 38·3 grm durch Arbeit bis auf 91·2 grm gesteigert werden kann. Pettenkofer und Voit[1] sahen den Verbrauch während der 12 Tagesstunden beim hungernden Menschen durch angestrengte Arbeit von 435 auf 922 grm, beim normal sich nährenden von 443 auf 795 grm steigen. Noch viel erheblicher wächst der Sauerstoffverbrauch, wenn man kurze Zeitperioden, während deren natürlich intensiver gearbeitet werden kann, als im Durchschnitt eines ganzen Tages, in's Auge fast. So fand Smith Steigerungen des O-Verbrauches bis auf's Zehnfache der Norm; Speck[2] solche bis fast auf's Vierfache. Besonders beachtenswerth sind aber die erheblichen Wirkungen, welche schon geringe und kurzdauernde Muskelthätigkeit hervorruft; so fand Speck[3] den Sauerstoffverbrauch schon um ca. 11 Procent gesteigert, wenn er nur 2 bis 3 Mal

[1] *Zeitschrift für Biologie.* 1866. Bd. II. S. 538.

[2] Speck, Untersuchungen über Sauerstoffverbrauch u. s. w. des Menschen. Cassel 1871.

[3] *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie.* Bd. XII. S. 28.

in der Minute einen Arm bis über den Kopf emporhob. Ich selbst hatte bei den zahlreichen Respirationsversuchen, welche in meinem Laboratorium an Kaninchen angestellt wurden, wieder und wieder Gelegenheit, diese Erfahrung zu bestätigen. Jede erheblichere Bewegung des Thieres, wenn sie auch nur den Bruchtheil einer Minute andauerte, steigerte den Sauerstoffverbrauch und die CO_2-Ausscheidung merklich und dieser Einfluss ist ein so bedeutender, dass er wohl geeignet ist, die Wirkung vieler anderer Factoren auf den Gaswechsel zu verdecken oder wenigstens ihre Erkennung sehr mühsam zu machen. — Die Gefahr der Täuschung, welche durch die schwer ihrer Grösse nach abzuschätzenden Muskelbewegungen entsteht, hat z. B. in den Versuchen, welche in meinem Laboratorium die Einwirkung der Nahrungsstoffe und der Darmarbeit auf die Grösse der thierischen Oxydation klar legen sollten, zur Anstellung sehr langer mühsamer Versuchsreihen und zu zahlreichen Wiederholungen der Versuche gezwungen, ehe das Gefühl der Zuverlässigkeit der gewonnenen Resultate erlangt war. — Ohne die Intervention der Muskelbewegung hätten sich viel leichter und rascher sichere Ergebnisse gewinnen lassen. — So entstand der Wunsch, ein Mittel zu besitzen, welches die willkürliche Muskelaction des Thieres bei Stoffwechseluntersuchungen ausschliesst und dadurch den Respirationsuntersuchungen an Thieren eine ähnlich zuverlässige Unterlage, ähnlich constante Normalwerthe sichert, wie sie Speck bei seinen Selbstversuchen durch die vollständige Beherrschung seiner Muskeln, welche er durch die langjährige Uebung in derartigen Versuchen erworben hat, besitzt.

Die meisten Verfahrungsweisen, an welche man als geeignet für unseren Zweck denken konnte, erwiesen sich bei näherer Prüfung als unbrauchbar

Man könnte nach dem Vorgange von Traube die Thiere des Grosshirns berauben, oder wie dies Pflüger in einigen seiner Versuche über die Abhängigkeit des Sauerstoffverbrauches von der Körpertemperatur ausgeführt hat, das Rückenmark oberhalb oder unterhalb der Medulla oblongata durchschneiden. — Diese Verfahrungsweisen sind deshalb einer allgemeineren Anwendung nicht fähig, weil die Verletzungen sehr häufig Reizzustände im Gefolge haben, namentlich aber auch, weil sie eine tiefgreifende Störung der Blutcirculation durch Schädigung der vasomotorischen Nerven bedingen.

Man kann ferner daran denken, die Versuchsthiere durch irgend ein Narcoticum, wie Morphium, Chloralhydrat, Aether u. s. w. derart zu betäuben, dass sie in gleichmässig somnolentem Zustande daliegen.

Noch die jüngsten Versuche von Rumpf[1] haben gezeigt, wie wenig auf diesem Wege ein gleichmässiger Stoffwechsel zu erzielen ist. Die

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXXIII. S. 538.

Erklärung hierfür ergiebt sich aus der Unmöglichkeit eine gleichmässige Narcose durch viele Stunden zu unterhalten, ohne die Innervation des Herzens und der Blutgefässe tiefgreifend zu stören.

Von diesen Fehlern ist die Untersuchung des Gaswechsels curarisirter Thiere frei.

Man kann durch die Curarenarcose viele Stunden lang absolute Muskelruhe herbeiführen, ohne dass der Kreislauf und die übrigen Functionen des Körpers, abgesehen von der willkürlichen Bewegung, merklich leiden.

Um diesen Satz zu begründen, müssen wir einige ihm entgegenstehende Angaben der Literatur einer kritischen Besprechung und zum Theil experimenteller Controle unterwerfen.

Traube[1] spricht sich sehr bestimmt über die Kreislaufsstörungen, welche das Curare veranlasse, aus. Er giebt als Folge der Curarevergiftung Abnahme der Spannung im Aortensystem und erhebliche Verminderung der Pulsfrequenz an. „Nach kleinen Dosen hebt sich der Druck allerdings bald wieder bis zur Norm, nach grösseren bleibt er lange erniedrigt.“ Traube hat das Gift stets in die Jugularvene injicirt. Mit Traube's Befunden harmoniren die Angaben von Kölliker und Claude Bernard, dass Curare frühzeitig die Hemmungswirkung des Vagus auf's Herz und die vasomotorische Wirkung des Sympathicus aufhebe. — Alle diese Angaben konnte Bidder[2] nicht bestätigen. Er findet in Uebereinstimmung mit Vulpian und Meissner die Hemmungswirkung des Vagus nach vollständiger Lähmung der willkürlichen Musculatur bei Fröschen, Kaninchen und Hunden erhalten. Erst solche Dosen, welche die motorischen Stämme in ihrem Verlaufe lähmen, heben auch den Effect der Vagusreizung am Halse auf. — Bidder findet ferner, im Gegensatz zu den vorgenannten Autoren, nach vollständiger Lähmung der willkürlichen Musculatur die Einwirkung des Halssympathicus auf die Ohrgefässe ungeschwächt. Er läugnet vermehrte Thränensecretion, ebenso vermehrte Speichelabsonderung, Schleimrasseln in der Trachea und vermehrte Harnabsonderung. Es bestehe nur Lähmung des Sphincter vesicae, welche den Urin, bei erhaltener Detrusorwirkung, leicht abfliessen lasse. Auch die Hemmungsfunction des Splanchnicus auf die Bewegung der Gedärme, welche Pflüger aufgehoben fand, sah Bidder fortbestehen. Als regelmässige Wirkung der Vergiftung giebt dagegen Bidder an: Hervordrängung des Bulbi und Erweiterung der Pupillen.

Die Erklärung dieser Widersprüche, deren Aufzählung sich noch erheblich häufen liesse, dürfte in der ausführlichen Experimentalarbeit von

[1] Traube, *Gesammelte Abhandlungen.* Bd. I. S. 295.

[2] *Dies Archiv.* 1865. S. 337.

Couty und de Lacerda[1] gegeben sein. Diese Autoren, welche in Rio-de-Janeiro Gelegenheit hatten, nicht nur eine grosse Auswahl der bei den verschiedenen Indianerstämmen gebräuchlichen Pfeilgifte, sondern auch die Pflanzenarten, welche zu ihrer Darstellung dienten, zu untersuchen, finden sowohl verschiedenartige Wirkungen des Extracts verschiedener zur Herstellung von Curare benutzter Pflanzen, als auch die giftigen Stoffe der Rinde verschieden von denen der Blätter und Früchte, endlich finden sie dass die Art der Herstellung, namentlich anhaltendes Kochen des Extractes, seine Wirkung ändert. — Die typischste Curarewirkung zeigte die Rinde der Stengel und Wurzeln von Strychnos triplinervia und Strychnos Castelnoei. Bei intravenöser Injection steigender Mengen beobachteten Vfr. erst Aufhören der willkührlichen Bewegungen und der Athmung, dann Wirkungslosigkeit der elektrischen Reizung motorischer Nerven, erst bei weiterer Steigerung der Dosis Vaguslähmung, endlich Absinken des Blutdrucks durch Lähmung der Ringmuskeln. — Das vielen Pfeilgiften beigemengte Extract der Rinde von Cocculus toxicoferus (Weddee) wirkt wesentlich auf das Centralnervensystem. Seine Injection bewirkt starke Blutdrucksteigerung mit Pulsverlangsamung (Vagusreizung), dann Vaguslähmung und Absinken des Blutdrucks bis Null.

Die Rinde von Strychnos Gardnerii lässt den Vagus intact, setzt aber den Blutdruck enorm herab, bei erhaltener Reaction des vasomotorischen Centrums auf sensible Reize und erhaltener willkürlicher Bewegung. — Die Blüthen und Früchte fast aller Pflanzen, welche in ihrer Stengelrinde Curare enthalten, liefern eine strychninähnliche Substanz. —

Durch mehrstündiges Kochen in wässeriger Lösung erleiden fast alle normalen Curaresorten eine starke Abschwächung, jedoch derart, dass die Wirkung auf die willkürliche Musculatur viel mehr leidet, als die auf die glatten Muskeln. Während vor dem Kochen die zur Erschlaffung der willkürlichen Muskeln nöthige Dosis um das 3- bis 8-fache überschritten werden musste, ehe Gefässlähmung eintrat, bewirkten die gekochten Praeparate zum Theil den Tod durch Gefässlähmung bei noch erhaltener spontaner Athmung.

Die mitgetheilten Befunde erklären genügend alle Widersprüche der älteren Litteraturangaben auf welche wir vorher aufmerksam machten, sie zeigen ferner die Nothwendigkeit jedes Curare speciell auf seine physiologischen Qualitäten zu prüfen, ehe man es bei Untersuchungen, welche normales Fortbestehen des Kreislaufes voraussetzen, verwendet. Bei den Untersuchungen des Gaswechsels curarisirter Thiere, welche bisher im

[1] Couty et de Lacerda, Le Curare. *Archives de Physiologie normale et pathologique.* 1880. t. XII. p. 555 et 697.

hiesigen Laboratorium vorgenommen wurden, dienten uns zwei Curaresorten, eine aus Schering's Apotheke und eine von Dr. Grübler in Leipzig bezogene; beide erfüllten die Aufgabe den Kreislauf bei Lähmung aller willkürlicher Muskeln intact zu lassen, in vollkommen befriedigender Weise. Jederzeit konnte man durch Aussetzen der künstlichen Athmung starke Vagusreizung produciren; auch wenn die Lähmung 12 Stunden gedauert hatte war schon 10 bis 15 Secunden nach Stillstand der Athmung der Herzschlag stark verlangsamt. Die Circulationsverhältnisse habe ich in einigen besonderen Versuchen mit Hülfe des Kymographions geprüft und mich überzeugt, dass unser Curare dieselben in den verwendeten Dosen und bei der von mir ausschliesslich in Anwendung gebrachten subcutanen Application absolut ungestört lässt. Der einzige Unterschied, welchen ich bei den curarisirten Thieren beobachten konnte, war eine etwas grössere Erregbarkeit der gefässregulirenden Nerven. Im Laufe mehrstündiger Beobachtung zeigten die curarisirten Thiere häufiger rasch vorübergehende Steigerungen und Senkungen des Blutdruckes, bei constant bleibendem Mitteldruck, als Thiere aus demselben Stalle und denselben Fütterungsverhältnissen, welche einfach aufgebunden und vor Abkühlung geschützt zur Blutdruckmessung dienten. Auch Hautreizungen und akustische Eindrücke schienen auf die curarisirten Thiere etwas stärker zu wirken, wie auf die normalen. Ich gebe einige Ausmessungen des Blutdruckes als Beleg in folgender Tabelle, zu welcher noch bemerkt sei, dass sich das tracheotomirte Thier, wie bei den Respirationsversuchen, im warmen Bade befand, dessen Temperatur nur zwischen 37·9 und 38·05 °C. schwankte.

Die im Mastdarm gemessene Thiertemperatur war $11^h\,15' = 38 \cdot 7$ °C., $11^h\,40' = 38 \cdot 75$ °C., $1^h\,23' = 38 \cdot 6$ °C.

Zeit.	Des Blutdrucks			Bemerkungen.
	Min.	Max.	Mittel	
11^h 20—35	86	126	102·5	Spontane Athmung durch die Trachealcanüle.
35—45	89	115	101·5	11^h 35 beginnt künstliche Athmung mit der Lehmann'schen Pumpe; das Thier wird bald apnoisch, nur bei Sträubungen Athembewegungen.
45—55	90	130	110·0	Wiederholte Sträubungen mit Drucksteigerung.
55—12^h 10	86	110	98·9	11^h 56 werden 20 mgr Curare subcutan injicirt. 12^h 10 Lähmung absolut. — Gerinnung.
12^h 20—48	86	152	106·9	
48—53½	73	149	111·5	Druckschwankungen durch Eintritt von Sodalösungen in die Arterie.
53½—1^h 22	92	122	105·0	

Die normale Beschaffenheit des Kreislaufes wird aber nicht nur durch die Constanz des Druckes, sondern mehr noch durch die unveränderte Beschaffenheit der puls- und respiratorischen Wellen desselben documentirt. Die gleichbleibende Höhe der Pulswelle bei Constanz der Frequenz und des Blutdruckes gestattet offenbar einen ziemlich sicheren Schluss auf Gleichbleiben der Circulationsgeschwindigkeit, auf die es ja wesentlich ankommt.

Wenn aber die Untersuchungen am curarisirten Thiere zu brauchbaren Schlüssen auf das Verhalten in der Norm verwerthet werden sollen, muss zu dem Nachweis des Fortbestehens eines normalen Blutkreislaufes die Ueberzeugung kommen, dass die Gewebe ihre normalen Eigenschaften und damit ihren normalen Stoffwechsel unversehrt erhalten. Gerade für das Gewebe, auf welches sich die Wirkungen des Curare am unmittelbarsten erstrecken, und dessen Alteration man am ehesten befürchten möchte, für den Muskel, ist dieses in befriedigender Weise erwiesen, und zwar auf doppeltem Wege. Wir wissen, dass jede Störung der normalen Umsetzungen im Muskel seine Erregbarkeit und Arbeitsgrösse alterirt. Wenn nun Pflüger, v. Bezold und Andere angeben, dass die Zuckungscurve des curarisirten Muskels von der des normalen durchaus nicht verschieden sei, wenn ferner Farner unter Hermann's[1] Leitung findet, dass die absolute Kraft von Curaremuskeln nur innerhalb der Fehlergrenzen von der normaler verschieden sei, so ist diese Unversehrtheit der mechanischen Leistungen nicht denkbar, wenn ihre Quelle, die chemischen Umsetzungen gestört wären.[2]

Es liegt aber auch der directe Nachweis von Colasanti[3] vor, dass beim Durchleiten durch überlebende Muskeln curarisirtes Blut genau ebenso viel Sauerstoff abgiebt und CO_2 aufnimmt, wie unvergiftetes. — Pflüger's[4] ausgedehnte Untersuchungen haben ferner gezeigt, dass der Stoffwechsel curarisirter Thiere in ganz derselben Weise wie der normaler, bei denen die Innervation der Muskeln auf anderem Wege ausgeschlossen ist, mit der Eigenwärme steigt und fällt.

Mit der Behauptung, dass die Oxydationsprocesse im curarisirten Thiere normal verlaufen, stehen jetzt nur noch die Angaben über die durch Curare

---

[1] Hermann, *Experimentelle Toxicologie.* Berlin 1874. S. 304.

[2] Die Angabe von Couty und Rochefontaine (*Société de Biologie,* 1879), dass Curare die Muskeln in einen der Ermüdung ähnlichen Zustand versetze, welche nicht nur mit den Befunden der oben genannten Autoren, sondern auch mit denen von Funke, Valentin, Rosenthal, Röber in directem Widerspruch steht, dürfte wohl nur auf Nichtbeachtung der Thatsache beruhen, dass curarisirte (nervenlose) Muskeln viel stärkerer Reize zu ihrer Erregung bedürfen, als nervenhaltige.

[3] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XVI. S. 157.

[4] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XVIII. S. 247.

veranlasste Glykosurie in Widerspruch. Bernard's[1] Angabe, dass bei curarisirten Thieren nach einiger Zeit Zucker im Harne auftrete, wurde von vielen Seiten bestätigt. Ich nenne nur Winogradoff (Virchow's *Archiv*, Bd. XXVII, S. 533), Saikowski (*Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften* 1865, S. 769), Schiff (*Monographie über den Diabetes*), Dock (Pflüger's *Archiv*, Bd. V, S. 571). — Es werden aber auch Ausnahmen angegeben, so sahen Penzoldt und Fleischer (Virchow's *Archiv*, Bd. LXXXVII, S. 210) bei gleichmässig mit Fleisch gefütterten Hunden, die während der Curarenarkose in vollständiger Apnoe erhalten wurden, die Glykosurie zuweilen fehlen. Wenn man bedenkt, dass curarisirte Thiere meist einer Reihe von accessorischen Schädlichkeiten ausgesetzt sind, welche an und für sich leicht zu Glykosurie führen, so liegt der Gedanke nahe, diesen und nicht der Curarewirkung an sich den Diabetes zur Last zu legen. — Die in Frage kommenden Schädlichkeiten sind: Reizung von sensiblen Nerven, Störungen des Kreislaufes durch Anwendung schlechter Curaresorten, namentlich aber durch ungeeignete künstliche Ventilation, vielleicht auch durch starke Abkühlung der Versuchsthiere, zeitweilig auftretender Sauerstoffmangel. — Wie leicht sensible Reizung Zucker im Harn erscheinen lässt, haben Bernard, Eckhard, Külz[2] gezeigt. Es genügt Reizung und selbst einfache Durchschneidung eines Vagus oder des Ischiadicus. Hierher gehört auch wohl der von Böhm und Hoffmann[3] genau studirte Fesselungsdiabetes.

Sauerstoffmangel scheint zu Glykosurie Anlass zu geben: ich erinnere nur an den Befund bei Kohlenoxydvergiftung. Die Curarevergiftung führt aber leicht zu Sauerstoffmangel, theils dadurch dass die künstliche Respiration ungenügend ist, resp. die natürliche bei unvollkommener Vergiftung nur noch mangelhaft erfolgt, theils dadurch, dass übermässige Lufteinblasungen die Circulation in der Lunge schädigen.

Sicher kommt Sauerstoffmangel bei allen Versuchen an Fröschen in Frage, bei denen nach eingetretener Lähmung die Hautdiffusion allein die Athmung besorgen muss. Milne Edwards und Andere haben gezeigt, dass sie nur bei einer Temperatur unter 12° C. dieser Aufgabe einigermaassen genügen kann. Dem entsprechend fand Winogradoff bei curarisirten Fröschen im Winter niemals, im Sommer regelmässig Diabetes. — Bei Kaninchen erzeugte Saikowski den Curarediabetes dadurch, dass er das Gift unter die Haut eines Schenkels spritzte und, sobald heftige Dyspnoe

[1] Cl. Bernard, *Physiologie expérimentale.* Paris 1855. t. I. p. 342.

[2] Vgl. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXIV. S. 97.

[3] *Archiv für experimentelle Pathologie.* Bd. VIII. S. 295.

und Muskelschwäche aufgetreten war, diesen Schenkel umschnürte, um die weitere Resorption des Giftes zu hindern; sobald die Vergiftungserscheinungen nachliessen, wurde die Ligatur gelöst und so eine Reihe von Stunden fortgefahren. In diesen mit starker Dyspnoe complicirten Versuchen trat sehr rasch und reichlich Glykosurie auf.

Wie weit in Dock's Versuchen Sauerstoffmangel ausgeschlossen war, lässt sich aus seiner Abhandlung nicht erkennen. In denjenigen Versuchen von Penzoldt und Fleischer, in welchen Zucker im Harn erschien, war entweder absichtlich Dyspnoe erzeugt worden, oder durch die forcirte künstliche Athmung der Kreislauf derart behindert, dass die Gewebe wahrscheinlich Mangel an Sauerstoff hatten. — Es leiden überhaupt fast alle älteren Versuche an curarisirten Thieren unter der Mangelhaftigkeit der zur künstlichen Athmung dienenden Methoden, die zur Schädigung des Kreislaufes führten und dadurch eine Reihe secundärer Wirkungen veranlassten, die man fälschlich dem Curare zur Last legte. In den in Pflüger's Laboratorium ausgeführten Arbeiten von August Ewald[1] und von Finkler und Oertmann[2] ist die starke Schädigung des Kreislaufes dargethan, welche die durch einseitige Einblasung von Luft unterhaltene künstliche Respiration bewirkt. Sie ist wesentlich durch Behinderung des Eintrittes des venösen Blutes in den Thorax bedingt.[3] Schon in den ersten Versuchen welche ich mit Röhrig an curarisirten Thieren anstellte, wurde dieser Fehler vermieden, wir liessen die Exspiration nicht durch die elastischen Kräfte des Thorax erfolgen, sondern unterstützten sie durch Aussaugen der Luft. So wurde wie in der Norm während jeder Athmung vorübergehend negativer Druck im Thorax erzeugt, der nur in die Exspirationsphase, statt, wie normal, in die der Inspiration fiel. — Pflüger hat als das beste Kriterium des normalen Kreislaufes bei künstlicher Ventilation die hellrothe Farbe des Venenblutes bezeichnet; diese ist stets bei unserer Art der Ventilation zu beobachten. Nur durch die venöse Stauung ist die von Bidder beobachtete Hervordrängung der Bulbi zu erklären; ich habe dieselbe bei meinen Versuchen fast nie gesehen, sie hat also mit der Curarewirkung an sich nichts zu thun.

Nach dem Gesagten war es nothwendig geworden, die Frage, ob Curare Diabetes erzeuge, auf's Neue zu untersuchen. Ich habe mehrere Kaninchen eine Reihe von Stunden bei regelmässiger Ventilation mit dem zu beschrei-

---

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. VII. S. 57.

[2] Ebenda. Bd. XIV. S. 62.

[3] Vgl. Kowalewski, Ueber die Einwirkungen der künstlichen Athmung auf den Druck im Aortensystem. *Dies Archiv.* 1877. S. 416 und meine Abhandlung über den Einfluss des Athemdrucks auf den Blutdruck. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XVII. S. 374.

benden Apparate in Curarelähmung erhalten und dabei für Constantbleiben der Körpertemperatur gesorgt. Der Urin blieb vollkommen frei von Zucker. Die Harnsecretion schien weder merklich vermehrt noch vermindert zu sein. — In einem Versuche wurden im Laufe von zwei Stunden dem Kaninchen etwa 60 Ccm physiologischer Kochsalzlösung langsam in eine Vene infundirt; auch hier blieb der reichlich gelieferte Urin zuckerfrei — als aber in einem Versuche die Ventilation durch Wasser, welches sich in der Exspirationsleitung in grösserer Menge condensirt hatte, gestört wurde, fand sich zuckerhaltiger Urin. So weit sie der Beobachtung zugänglich sind, zeigten mir die anderen Drüsen ebensowenig eine Störung ihrer normalen Thätigkeit wie die Nieren. — Die von Cl. Bernard beobachtete Hypersecretion der Speicheldrüsen war durch Einfuhr einer unverhältnissmässig grossen Giftmenge direct in die Drüsensubstanz producirt, widerlegt also nicht unseren Befund normaler Speichel- und Thränensecretion. Auch die Darmperistaltik erscheint ungestört, die Versuchsthiere entleeren, wie unvergiftete, normalen Koth.

Der Zerfall der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile wird ebenfalls durch Curare nicht geändert; Voit[1] hat dies zuerst durch Versuche an einem Hunde dargethan; Penzoldt und Fleischer haben zwar eine geringe Steigerung der Harnstoffausscheidung gefunden, doch ist darauf kein Werth zu legen, da sie ihre Versuchsthiere schweren Schädigungen, die mit der Curarewirkung nicht nothwendig verbunden sind, aussetzten (vgl. die Kritik von Fränkel und Geppert: Ueber die Wirkungen der verdünnten Luft, S. 87). Ich brauche nur daran zu erinnern, dass die Thiere nicht nur Zucker, sondern auch Blut im Urin zeigten. — Ich hoffe bald durch eigene Untersuchungen eine Bestätigung der Angaben Voit's liefern zu können.

Der Beweis der Brauchbarkeit curarisirter Thiere für Stoffwechseluntersuchungen dürfte nunmehr erbracht sein und erübrigt nur noch die Beschreibung des Apparates, durch dessen Gebrauch die vorher entwickelten Fehlerquellen ausgeschlossen werden.

Der im thierphysiologischen Laboratorium der landwirthschaftlichen Hochschule aufgestellte Respirationsapparat ist durch allmähliche Vervollkommnung aus demjenigen, welchen ich mit Röhrig[2] bei unseren Versuchen über Wärmeregulation benutzt hatte, hervorgegangen. — Er ist dem Respirationsapparate, welchen wir bei spontan athmenden tracheotomirten Thieren benutzen, in der Weise angefügt, dass es nur der Lösung weniger

[1] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XIV. S. 147.

[2] Pflüger's *Archiv für die gesammte Physiologie.* Bd. IV. S. 57.

Schlauchverbindungen bedarf, um den Apparat im einen oder anderen Sinne benutzen zu können. — Die Form, welche der Apparat bei Untersuchung der spontanen Respiration hat, und die Art, wie er in diesem Falle functionirt, ist im letzten Jahre in mehreren aus meinem Laboratorium hervorgegangenen Mittheilungen so ausführlich besprochen worden, dass hier einfach auf dieselben verwiesen werden darf.[1]

Die Untersuchung am curarisirten Thiere gestaltet sich ziemlich einfach, wenn es gleichgültig ist, welchen Sauerstoffgehalt die inspirirte Luft hat. Man lässt dieselbe dann zweckmässig aus möglichst reinem Sauerstoff bestehen, so dass der Inhalt des Apparates vom Versuchsthiere aufgebraucht werden kann, ohne dass Sauerstoffmangel entsteht. — Zu dem von Wolfers und Lilienfeld beschriebenen Apparate, dessen wesentliche Theile das graduirte und nach dem Pflüger'schen Princip durch Quecksilber aequilibrirte Spirometer A und die zur Absorption der Kohlensäure, zugleich aber zur Sonderung des In- und Exspirationsstromes dienenden Ventile I und E sind, treten dann nur die durch den Lehmann'schen Vacuummotor C getriebenen Quecksilberpumpen Q' und Q'' und die Voit'schen Quecksilberventile v' und v'' als neue Theile hinzu.[2] Hr. Dr. Lehmann hat den von ihm construirten Motor in den Verhandlungen der Berliner physiologischen Gesellschaft[3] beschrieben und durch einen Holzschnitt erläutert. Indem ich auf diese Beschreibung verweise, möchte ich hier nur erwähnen, dass der Apparat sich nun schon länger als zwei Jahre bei stetem Gebrauche auf's Beste bewährt hat. Zahl und Grösse der künstlichen Ventilationen lässt sich auf's Vollkommenste reguliren, und dieselben erfolgen, einmal eingestellt, während langer Versuchsreihen mit absoluter Regelmässigkeit.

Um die Luftbewegung im Apparate während der Phasen dieser Athmung zu verfolgen, wollen wir mit dem höchsten Stande des Pumpenkolbens beginnen. Die mit der Gabelcanüle t communicirende Lunge des Thieres befindet sich dann in Exspirationsstellung. Bei dem jetzt erfolgenden Niedergange des Kolbens drücken die Pumpen Q' und Q'' ihren Inhalt durch die einzige Oeffnung, welche sie besitzen, durch die von unten bis über das Quecksilberniveau aufragenden Röhren r' und r'' in die gläsernen Leitungen s' und s'' welche zu den Quecksilberventilen V' und V'' führen. Die Verbindung mit diesen ist durch den senkrechten Theil eines + förmigen

[1] Siehe die Aufsätze von Mering und Zuntz, Wolfers und Alb. Lilienfeld, *Archiv für die gesammte Physiologie*. Bd. XXXII. p. 173. Der Aufsatz von Wolfers ist mit einer Abbildung des Apparates illustrirt.

[2] Vgl. die Zeichnung Taf. VI.

[3] *Dies Archiv*. 1883. S. 456.

Glasstückes vermittelt, dessen horizontale Schenkel zu den beiden Sauerstoffspirometern führen, von denen hier nur das eine A gezeichnet ist. Da diese Spirometer abwechselnd functioniren, ist immer der eine von dem + Stück abzweigende Weg gesperrt. Der aus der Pumpe Q'' ausgetriebenen Luft ist nun durch die Stellung des Ventils V'' der Weg durch dieses nach der Trachealcanüle verlegt; sie tritt durch die lange Leitung g'' und das mit starker Kalilauge beschickte Müller'sche Spritzflaschenventil E in das Spirometer A. Die gleichzeitig aus Q' verdrängte Luft gelangt durch das Ventil V' in die Trachea des Thieres, der Weg zum Spirometer ist ihr durch das Ventil J verlegt. Beim Hochgehen der Pumpen saugt Q'' durch V'' Luft aus der Lunge; Q' durch J Luft aus dem Spirometer. So wird in regelmässigem Spiele der Pumpe die Ventilation derart besorgt, dass Q' dem Spirometer Sauerstoff entnimmt, um ihn dem Thiere zuzuführen; Q'' die Exspirationsluft aus der Lunge aussaugt und in das Spirometer zurückdrückt. Die Kalilauge der Ventile J und E bindet alle exspirirte Kohlensäure und wird nach dem Versuche in der von Wolfers beschriebenen Weise analysirt.

Nachdem die Athmung längere Zeit aus einem Spirometer erfolgt ist, wird behufs Ueberleitung derselben auf das andere inzwischen neu mit Sauerstoff beschickte und abgelesene Spirometer die Pumpe in tiefster Stellung arretirt. Dies geschieht einfach durch Oeffnen eines du Bois-Reymond'schen Vorreiberschlüssels, welcher in den Stromkreis des die Steuerung der Pumpe besorgenden Elektromagnetes eingeschaltet ist. So wie dies geschehen ist, zieht man die Quecksilberkugel h'' nieder, wodurch die am anderen Ende der über die Rolle a laufenden Schnur hängende Kugel h' emporgehoben wird. Das Quecksilber aus h' tritt in f' und f'' ein und sperrt so der Athemluft den Weg zum Spirometer A. Aus der analogen Sperrung des anderen nicht gezeichneten Spirometers fliesst das Quecksilber in die Kugel h'' und so wird dieser Weg, von dem die Zeichnung nur den Anfang w', w'' zeigt, frei. — Sobald dieses geschehen, wird der Vorreiberschlüssel geschlossen und die Ventilation geht ungestört ihren Gang an dem anderen Spirometer. Inzwischen wird am Spirometer A der Sauerstoffverbrauch abgelesen, wobei die Communication e zwischen In- und Exspirationsleitung geöffnet wird um gleichen Druck in allen Theilen des Apparates zu haben; hierauf die Lauge durch die Oeffnungen k' und k'' aus den Ventilen entleert, durch m' und m'' welche mit einer grossen hochstehenden Flasche voll ausgekochten Wassers communiciren, Spülwasser in die Ventile dreimal eingelassen und dieses dann mit der Lauge vereinigt; hierauf durch l' und l'' neue Lauge in den Apparat eingeführt und endlich durch den Hahn n, welcher zu einem grossen Gasometer mit reinem Sauerstoff führt, dieser zugeführt und das Volumen am Spirometer abge-

lesen. Alle diese Proceduren dauern fünf bis sechs Minuten, so dass bequem alle 10 Minuten ein Wechsel des Spirometers vorgenommen werden kann. — Das Thier befindet sich bei allen derartigen Versuchen in einem sorgfältig regulirten Wasserbade, dessen Temperatur so abgestuft ist, dass die Thiertemperatur constant auf normaler Höhe bleibt.

In dieser Form hat der Apparat unter Anderem mir zum Nachweis der Thatsache gedient, dass die Steigerung des Verbrennungsprocesses im Fieber bei curarisirten Thieren nicht zu Stande kommt.[1] Da die Belege für jene Thatsache erst später veröffentlicht werden sollen, erlaube ich mir jetzt nur zu erwähnen, dass jene Versuchsreihe nebenbei gezeigt hat, dass bei curarisirten Thieren der Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäureproduction durch viele Stunden keine Aenderung erfahren, wenn die Ventilation eine regelmässige ist und die Körpertemperatur constant bleibt.

Der beschriebene Apparat reichte nicht mehr aus, als Hr. Kempner an curarisirten Thieren seine Entdeckung, dass schon mässige Verarmung der Athemluft an Sauerstoff die Oxydationsgrösse herabsetze, controliren wollte.[2] Es war jetzt die Aufgabe gestellt, das Thier normale atmosphaerische Luft oder ein willkürlich zu wählendes Gemisch von Sauerstoff und Stickstoff athmen zu lassen, welches Gemisch während längerer Versuchsperioden in seiner Zusammensetzung unverändert bleiben sollte. Ich wählte zur Erfüllung dieser Aufgabe das Regnault'sche, resp. Lavoisier'sche Princip, dem Athemraume in demselben Maasse reinen Sauerstoff zuströmen zu lassen, wie sein Inhalt durch den Sauerstoffverbrauch seitens des Thieres und die Absorption der gebildeten CO_2 abnahm. Die Spirometer A konnten jetzt nicht mehr zur Messung des verbrauchten Sauerstoffes dienen, da sie durch stetig nachströmenden Sauerstoff in gleicher Füllung erhalten werden mussten, wenn der O-Gehalt der Inspirationsluft nicht beständig abnehmen sollte. Der Sauerstoff musste vor seinem Eintritt in den Apparat gemessen werden; er musste ausserdem vollkommen rein sein, durfte also nicht mehr wie bisher in einem Wassergasometer vorräthig gehalten werden.

Diese Forderungen wurden in folgender Weise erreicht:

1) Die Leitungswege der in- und exspirirten Luft, welche sich früher gleich jenseits der Ventile J und E vereinigten um sich in ein einziges Rohr fortzusetzen, welches im Spirometer A mündete, mussten jetzt getrennt in das Spirometer geführt werden, weil nur so eine gleichmässige Mischung der gesammten im Apparate enthaltenen Luft erzielt werden konnte.

---

[1] *Centralblatt für die medicinische Wissenschaften.* 1882. Nr. 32.

[2] Vgl. den folgenden Aufsatz von Kempner.

Die Inspirationsluft geht nunmehr durch das innere, die Exspirationsluft durch das äussere der beiden concentrischen, nirgend communicirenden Glasröhren, welche von unten in den Luftraum des Spirometers *A* aufragen. Die innere Röhre wurde durch ein aufgesetztes Kautschukrohr von gleichem Caliber noch soweit verlängert, dass sie dicht unter der Kuppe des Spirometers mündet. — Einige erste Versuche, welche Kempner anstellte ehe diese Aenderung angebracht war, wurden dadurch ungenau, dass die Luft des Spirometers die Zusammensetzung nicht rasch genug mit der durch die Ventile und die Lungen des Thieres circulirenden ausglich.

2) Die Zufuhr des Sauerstoffes wurde wie folgt bewirkt: Die Aequilibrirungsröhre *K*, welche früher nur dazu diente, bei wechselndem Stande des Spirometers *A* entsprechend Quecksilber aus dem ihm aufgesetzten Trichter aufzunehmen, resp. demselben zuzuführen und dadurch den Druck des Athemgases constant zu erhalten, regulirt nunmehr auch die Sauerstoffzufuhr zum Spirometer. Zu diesem Behufe ist *K* oben mit einem doppelt durchbohrten Kork verschlossen. In der einem Bohrung steckt, gleich unter dem Korke endend, die Röhre G'''', welche den Sauerstoff zuführt, in der anderen die Röhre *p*, welche ihn, durch Vermittelung des beständig geöffneten Hahnes *n* in die Bahn der Exspirationsluft eintreten lässt. Die Röhre *p* reicht in *K* etwa bis zur Mitte, so dass ihre Mündung durch das aequilibrirende Quecksilber gesperrt wird, wenn das Spirometer etwa zur Hälfte gefüllt ist. Ist nun das Spirometer zu Beginn des Versuches soweit mit Luft gefüllt worden, dass bei höchster Stellung der Pumpen *Q* die Mündung von *p* noch eben durch das Quecksilber gesperrt ist, so wird diese Sperrung aufhören, so bald das Thier nur ein wenig Sauerstoff verbraucht, und dadurch das Spirometer zum Sinken gebracht hat: sofort strömt dann ein dem Verbrauchten gleiches Sauerstoffquantum durch *p* in's Spirometer nach, letzteres steigt empor und stellt die Sperrung im Inneren von *K* wieder her. So bewahrt die Luft im Spirometer unverändert ihre Zusammensetzung, vorausgesetzt, dass der nachströmende Sauerstoff vollkommen rein ist.[1]

Der Sauerstoff wird, um jede Verunreinigung aus der Luft auszuschliessen, in dem Maasse, wie er gebraucht wird, aus reinem chlorsaurem Kali ohne Zusatz von Braunstein frisch bereitet. Er wird der Regulirungsröhre durch die etwa 10^{m} lange Leitung G, G', G'', G''' zugeführt. Diese Leitung besteht aus mehreren dünnen Glasröhren, welche durch

---

[1] Von den brennbaren Gasen, welche das Thier exhalirt, kann abgesehen werden, da ihre Menge während der Dauer eines Versuches zu unbeträchtlich ist, um das Resultat zu beeinflussen.

Nowak'sche Quecksilberdichtungen, ähnlich den bei *d*, *d'* etc. am Apparat abgebildeten, mit einander verbunden sind. Sie führt zunächst zur Gasuhr *U*, an deren Zifferblatt einzelne Cubikcentimeter mit Sicherheit abzulesen sind. Zwei Thermometer und ein mit Chlorcalciumlösung gefülltes Manometer, welches den Ueberdruck misst, unter welchem das Gas durch die Uhr strömt (in der Zeichnung fortgelassen), sichern die Genauigkeit der Messung des Sauerstoffverbrauches. Je nachdem die Spirometerglocke sich mit etwas mehr oder weniger Reibung bewegt, sieht man bei jedem einzelnen oder bei jedem zweiten, dritten Hube der Pumpe den Zeiger der Gasuhr sich vorwärts bewegen.

Zur Entwickelung des Sauerstoffes dient die horizontal liegende fast 1^{m} lange eiserne Röhre *F*, welche ca. 700^{grm} chlorsaures Kali fasst.[1] Sie verjüngt sich vorne in eine 80^{cm} lange senkrecht herabsteigende Gasleitungsröhre, deren hakenförmig aufgebogenes Ende in ein breites mit Quecksilber gefülltes Cylinderglas taucht. Ueber dieser Mündung steht das zu einer Glocke von etwa 200^{Ccm} Capacität erweiterte Ende der zur Gasuhr führenden Röhre *G*, welches etwa 30^{Ccm} stärkster Kalilauge enthält, durch welche der Sauerstoff hindurchstreichen muss. — Damit der Sauerstoff bei wechselnder Stärke der Entwickelung in dem Röhrensystem unter stets gleichem Drucke stehe, was natürlich Bedingung ist, wenn die Angaben der Gasuhr richtig sein sollen, communicirt das Innere der Glocke *G''* mit dem etwa 750^{Ccm} fassenden kleinen Quecksilbergasometer *H*, in welchem der überschüssig entwickelte Sauerstoff sich ansammelt, um bei ungenügender Entwickelung unter die Glocke *G* zurückzutreten. — Das Gasometer ist ebenso eingerichtet wie das Spirometer *A* und wie dieses nach dem Pflüger'schen Princip durch Quecksilber aequilibrirt. Durch seine Einschaltung werden die Druckschwankungen in der Sauerstoffleitung auf den Werth von wenigen Millimetern Quecksilber reducirt. Das oben erwähnte Chlorcalciummanometer gestattet es, auch diese geringen Druckschwankungen in Rechnung zu ziehen.

Das Aequilibrirungsrohr *Y* am kleinen Gasometer dient zugleich zur automatischen Regelung der Sauerstoffentwickelung. Zu diesem Behufe ist es oben durch einen Kork verschlossen, durch welchen ein Leuchtgas zuführendes Glasrohr so weit herunterragt, dass es von dem aufsteigenden Quecksilber gesperrt wird, sobald das Gasometer *H* etwa zur Hälfte mit Sauerstoff gefüllt ist. So lange der Gasstrom frei ist, tritt er durch das dicht unter dem Kork abzweigende Seitenrohr zu einem grossen unter dem eisernen Rohre stehenden Maste-Brenner. Ein neben demselben als Zünd-

[1] Vgl. die eben erschienene Abhandlung von Tacke: Ueber die Rolle der brennbaren Gase im Darmcanale. *Inaug.-Dissert.* Berlin 1884.

flamme stehender Bunsen-Brenner, entwickelt nicht genug Wärme für die Sauerstoffentwickelung, hält aber das Eisenrohr auf solcher Temperatur, dass die Entwickelung sehr rasch durch den grossen Brenner in Gang gebracht wird. — Man hat durch die beschriebene Anordnung stets vollkommen reinen Sauerstoff zur Verfügung sobald erst einmal die atmosphaerische Luft aus der Gasuhr und der übrigen Leitung verdrängt ist. Da alle Unterbrechungen in der Continuität der Glasröhren durch Quecksilber nach dem Nowak'schen Princip gedichtet sind, bleibt der Apparat auch nach Wochen frei von Verunreinigung durch diffundirenden atmosphaerischen Stickstoff, es bedarf nur des Anzündens der Flammen um vollkommen reinen Sauerstoff in der nöthigen Menge zur Disposition zu haben.

Sehr leicht ist es, statt atmosphaerischer Luft ein anderes Gasgemenge dem Thiere zuzuführen. Soll dasselbe reicher an Sauerstoff sein, so drückt man vor Beginn des Versuches das Spirometer *A* mehr oder weniger tief unter das Niveau bei welchem der Zutritt des Sauerstoffes durch das Rohr *K* frei wird, hinab. Es tritt dann eine entsprechende Menge Sauerstoff gleich zu Beginn des Versuches in den Apparat ein. So lässt sich der Sauerstoffgehalt der Athemluft leicht auf jeden beliebigen Werth bis etwa 35 $^0/_0$ bringen, soll er noch weiter steigen, so muss vor dem Versuche ein Strom reinen Sauerstoffes durch den Apparat getrieben werden, und dann durch Analyse einer Probe ermittelt werden, welche Zusammensetzung das Gasgemisch dadurch erlangt hat. Die Gasprobe wird aus der Röhre *e*, welche In- und Exspirationsleitung verbindet, entnommen.

Wenn der Sauerstoffgehalt in der Athemluft unter dem der Atmosphaere sein soll, wird das Spirometer *A* vor dem Versuche bis über die Stelle bei welcher der Sauerstoffeintritt erfolgt, mit Luft gefüllt. Das Thier verbraucht dann anfangs Sauerstoff ohne dass dafür neuer nachströmte. Da der Gesammtinhalt des Apparates genau bekannt ist, lässt sich die so erzielte Verminderung des Sauerstoffgehaltes ziemlich genau berechnen; wir haben aber stets diese Rechnung durch eine zu Ende des Versuches angestellte Analyse controlirt, was ja mit der Hempel'schen Methode sehr bequem und rasch ausführbar ist.

Ehe die Kempner'sche Arbeit ganz vollendet war, wurde eine Reparatur an der Gasuhr nöthig. Ich improvisirte zu ihrem Ersatz einen Messapparat, welcher im Wesentlichen aus zwei je etwa 100^{Ccm} fassenden Cylindern bestand, von denen immer der eine mit Sauerstoff aus dem Entwickelungsapparate beschickt wurde, während der Inhalt des anderen durch Wasser, das aus einer Mariotte-Flasche unter constantem Druck zuströmte, in den Athemapparat getrieben wurde. Die zur Entleerung jeden Cylinders gebrauchte Zeit wurde notirt. Das Manipuliren an dem Apparate wurde

dadurch wesentlich erleichtert, dass die beiden Cylinder durch einen eigenthümlich gebohrten Glashahn derart mit den Gasleitungsbahnen verbunden waren, dass eine Drehung um 120° den Cylinder, welcher vorher mit der Sauerstoffzuleitung communicirte, mit dem Spirometer in Verbindung setzte und dafür dem anderen der bis dahin mit dem Spirometer in Verbindung war, den Sauerstoffeintritt ermöglichte.

Die praktische Brauchbarkeit des Apparates hat sich in der nachstehenden Arbeit von Kempner bewährt.

Neue Versuche über den Einfluss des Sauerstoffgehaltes der Einathmungsluft auf den Ablauf der Oxydationsprocesse im thierischen Organismus.

Von

Dr. G. Kempner,
prakt. Arzt in Berlin.

(Aus dem thierphysiologischen Laboratorium der landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin.)

Während fast alle Detailfragen aus dem Gebiete der Respirationsphysiologie in den letzten Jahrzehnten eine mehr oder minder erschöpfende Bearbeitung gefunden haben, hat die Beantwortung einer Frage von principieller Wichtigkeit innerhalb dieses Zeitraums die Aufmerksamkeit der Forscher nur in sehr geringem Maasse auf sich gelenkt: der Frage nämlich nach dem Einfluss des Sauerstoffgehaltes der Einathmungsluft auf den Sauerstoffverbrauch und auf den Ablauf der Oxydationsprocesse im Thierkörper. Diese scheinbare Vernachlässigung erklärt sich nur daraus, dass diese Frage auf Grund älterer Versuche und wohlbegründeter theoretischer Anschauungen eben für definitiv erledigt galt, und zwar in dem Sinne, dass der Sauerstoffgehalt der Einathmungsluft innerhalb weiter Grenzen, d. h nach oben bis zu 100 Procent, nach unten bis zu einem Drittel des Normalen schwanken könne, ohne den Sauerstoffverbrauch zu beeinflussen. Das hatten schon Lavoisier und Seguin gelehrt, und das schien eine glänzende Bestätigung zu finden in den klassischen Versuchen von Regnault und Reiset, welche in ihrem Apparate Thiere eine abnorm sauerstoffreiche Luft athmen liessen und dabei den Sauerstoffverbrauch nicht steigen sahen. — Nach diesen Autoren hat W. Müller in seinen „Beiträgen zur

Theorie der Respiration"[1] auch diese Frage berührt. Er suchte den Grenzwerth zu ermitteln, bis zu welchem der Sauerstoffgehalt der Einathmungsluft herabgedrückt werden kann, ohne das Leben der Thiere zu gefährden. Aus den zu diesem Behufe angestellten Versuchen schloss er, dass erst bei 7 Procent O-Gehalt der Einathmungsluft eine Herabsetzung der Sauerstoffaufnahme erfolge, weil er erst bei diesem Werthe das Auftreten von Dyspnoe bei seinen Versuchsthieren constatiren konnte. — Im Jahre 1865 unternahm Dohmen unter Pflüger's Leitung eine Untersuchung „über den Einfluss, den die Blutgase auf die Respiration ausüben".[2] Er fand bei einem Sauerstoffdruck von 750 bis 120 mm (entsprechend 100 bis 18 Procent O) nur eine sehr geringe Beeinflussung der Athemmechanik, die aber in dem Sinne wirkte, als ob die grössere Dichte des Sauerstoffs seine Aufnahme begünstige. Bei 75 mm (10·5 Procent O) beginnt eine bedeutendere Steigerung der Athembewegungen; bei 37 mm (5 Procent O) ist die Athmung äusserst forcirt, bald aber erlahmt sie und das Thier geht zu Grunde. — Friedländer und Herter haben sich in ihren Untersuchungen „über die Wirkung des Sauerstoffmangels auf den thierischen Organismus"[3] wesentlich nur mit dem Einfluss sehr sauerstoffarmer Luft beschäftigt; in einem beiläufig ausgeführten Experiment mit 12·7 Procent O-Gehalt der Einathmungsluft, fanden sie die procentische Abnahme des Sauerstoffgehalts in der Exspirationsluft zwar vermindert, andrerseits aber die Athemgrösse so bedeutend vermehrt, dass sie auf Grund dieses Versuches eine Herabsetzung des Sauerstoffverbrauches nicht annahmen. Die CO_2-Ausscheidung blieb in den Versuchen dieser Autoren auch bei bedeutend herabgesetztem O-Verbrauch annähernd normal. — Paul Bert hat in seinem Buche: „La pression barométrique"[4] zwei ziemlich rohe Versuche mitgetheilt, die an dieser Stelle erwähnt werden müssen. Er liess zwei Hunde aus einem Kautschucksack von ca. 150 Litern Inhalt durch Kalilaugeventile athmen. Während nun die Thiere eine durch ihren Respirationsprocess mehr und mehr an Sauerstoff verarmende Luft athmeten, bestimmte er an von Zeit zu Zeit entnommenen Proben den Gasgehalt des arteriellen Blutes. Er fand schon nach einer halben Stunde bei einem Sauerstoffgehalt der Inspirationsluft von 18·1 Procent den Sauerstoffgehalt des Blutes um 2 Procent niedriger als bei Beginn des Versuches. Aus den mitgetheilten Zahlen habe ich die Grösse des Sauerstoffverbrauches während der ersten Periode des Versuches berechnet; die Berechnung ergiebt eine beträchtliche Herabsetzung des Verbrauches schon bei mässiger Sauerstoffverarmung der Einathmungsluft.

---

[1] *Annalen der Chemie und Pharmacie.* Bd. CVIII.

[2] *Arbeiten des Bonner physiologischen Instituts.* 1865.

[3] *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. III. S. 19.

[4] Paul Bert, *La pression barométrique.* Paris 1878. S. 671.

In seinen Versuchen mit Einathmung mechanisch verdünnter Luft hat Bert wiederholt schon bei einem Druck von ca. 57 ^{cm} einen Mindergehalt des arteriellen Blutes an O gefunden.[1] — Speck[2] hat eine Reihe von Versuchen mitgetheilt, in denen er bei Athmung einer Luft von wechselndem Sauerstoffgehalt den Sauerstoffverbrauch per Minute schwanken sah von 0·323 ^{grm} bei 9·2 Procent O-Gehalt bis zu 0·786 ^{grm} bei 63·5 Procent. Diese mächtigen Schwankungen bezieht Speck auf die veränderte Zusammensetzung der Residualluft und auf Verschiedenheiten in der Menge des vom Plasma absorbirten Sauerstoffs. Dass der Sauerstoffverbrauch der Gewebe von diesen Veränderungen nicht betroffen wird schliesst er daraus, dass die CO_2-Ausscheidung nicht parallel zu der O-Aufnahme, sondern im entgegengesetzten Sinne sich verändert. — Endlich haben Fraenkel und Geppert[3] bei Anwendung mässiger Luftverdünnungen den Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes bei ihren Versuchsthieren nicht sinken sehen.

Alle diese Versuche nun scheinen mir nicht geeignet die vorliegende Frage definitiv zu erledigen, und sie hätten wohl auch kaum eine so unbestrittene Aufnahme gefunden, wenn nicht die Lösung, welche sie (die Versuche Bert's ausgenommen) befürworteten, so ausserordentlich mit den herrschenden theoretischen Anschauungen harmonirte. Denn seit es erwiesen war, dass der Sauerstoff im Blute nicht einfach absorbirt, sondern in Form einer lockeren chemischen Verbindung vorhanden sei, hatte sich allgemein die Anschauung Bahn gebrochen, dass die Unabhängigkeit der O-Aufnahme vom Partiardruck des Gases eine nothwendige Consequenz dieses Verhaltens sei. — Was nun zunächst die Versuche von Regnault und Reiset anlangt, so erscheinen mir dieselben durchaus nicht beweisend für das, was man aus ihnen geschlossen hat. Regnault und Reiset haben nur mit abnorm sauerstoffreicher Luft gearbeitet und, weil sie dabei den O-Verbrauch nicht steigen sahen, auch auf die Belanglosigkeit mässiger O-Verarmung der Luft geschlossen. Dieser Schluss ist aber in keiner Weise zwingend. Denn die Annahme liegt ziemlich nahe, dass bei derjenigen Zusammensetzung der Luft, die auf dem Meeresniveau gegeben ist, für die in dieser Höhe lebenden Wesen ein Optimum liegt, so dass sie gerade bei diesem Sauerstoffgehalt unter den verschiedensten Verhältnissen, deren Einfluss ja durch die Mechanik der Athmung in bekannter Weise compensirt wird, ihr Blut in ausreichendem Maasse mit Sauerstoff sättigen. Geht man

---

[1] A. a. O. p. 637

[2] Speck, *Kritische und experimentelle Untersuchungen über die Wirkungen des veränderten Luftdrucks auf den Athemprocess.* Cassel 1878.

[3] A. Fraenkel und J. Geppert, *Ueber die Wirkungen der verdünnten Luft auf den Organismus.* Berlin 1883.

von dieser Annahme aus, so ergiebt sich als nothwendige Folgerung, dass eine noch so hohe Steigerung des O-Gehalts der Luft keine Steigerung des O-Verbrauches, dass aber eine auch nur unbedeutende Verminderung des O-Gehalts eine Verminderung des Sauerstoffverbrauches zur Folge haben muss. In den Versuchen von W. Müller und Pflüger-Dohmen liegen wirkliche Messungen des O-Verbrauches überhaupt nicht vor; in beiden wurde eine Verminderung der O-Aufnahme erst dann angenommen, wenn eine merkliche Veränderung der Athemmechanik vorlag. Pflüger rechtfertigt dieses Verfahren dadurch, dass er die Athemmechanik für das feinste Reagens auf den Gasgehalt des Blutes erklärt. Diese Behauptung ist gewiss richtig; aber gerade in diesem Sinne sprechen die Versuche Dohmen's für die Abhängigkeit der O-Aufnahme vom Partiardruck des Gases. Die Athemgrösse erfährt nämlich schon eine geringe Steigerung beim Uebergang von reinem Sauerstoff zu atmosphaerischer Luft, eine bedeutendere, sobald der O-Gehalt unter die Norm herabsinkt. Die Menge der in reinem O exspirirten Luft verhielt sich zu der in normaler Luft exspirirten wie 93 : 100, bei 16 Procent O-Gehalt der Luft war das Verhältniss 117 : 100. — Der oben erwähnte Versuch von Friedländer und Herter ist vereinzelt und kann schon deshalb für die vorliegende Frage eine entscheidende Bedeutung nicht beanspruchen, weil die Vff., denen es nur auf die Vergleichung der Einwirkung sehr O-armer Luft mit derjenigen mässig an O-verarmter ankam, den Normalverbrauch des Versuchsthieres in atmosphaerischer Luft gar nicht bestimmt haben. — Auch die beiden Versuche Bert's konnten eine definitive Lösung der Frage nicht bringen. Dazu ist einerseits ihre Zahl zu gering, andrerseits aber befanden sich die Thiere, denen von Zeit zu Zeit Blutproben entnommen wurden, nicht in constanten Verhältnissen. Die Versuche Speck's scheinen mir mit Entschiedenheit für eine weitgehende Abhängigkeit der O-Aufnahme vom Partiardruck des Gases in der Einathmungsluft zu sprechen. Wenn der Verf. die gefundenen Verschiedenheiten auf Schwankungen in der Zusammensetzung der Residualluft und in der Menge des im Plasma absorbirten Gases zurückführt, so pflichte ich dieser Deutung bei für die bei Athmung O-reicher Luft gefundene Steigerung, nicht aber für die bei O-Verarmung der Luft gefundene Abnahme des Verbrauches. Die Gründe für meine abweichende Auffassung werde ich im letzten Theile dieser Abhandlung discutiren. — Was endlich die Versuche von Fraenkel und Geppert betrifft, so kann ich in der Deutung der mitgetheilten Zahlen mit den Verfassern nicht übereinstimmen. Ich finde die Schwankungen, welche der Gasgehalt des Blutes unabhängig von der Druckveränderung zu verschiedenen Zeiten zeigt, so bedeutend, dass sie wohl geeignet erscheinen, die Abhängigkeit der O-Aufnahme von geringeren Druckveränderungen zu verdecken.

Bei diesem Stande der Sache, da über eine Frage von fundamentaler Wichtigkeit für die Lehre von der Athmung und vom Stoffwechsel Klarheit noch nicht herrschte, ergriff ich 1880 mit Freuden eine sich mir darbietende Gelegenheit, um durch eigene Versuche wenn möglich zur Klarheit zu gelangen. Ich wurde damals aufgefordert, mich an therapeutischen Versuchen mit dem Treutler'schen Stickstoff-Inhalationsapparat zu betheiligen. Der höchst sinnreich erdachte Apparat gestattet es, sich in jedem Moment durch einfache Drehung eines Hahnes in einem pneumatischen Doppelapparat eine beliebig O-arme und entsprechend N-reiche Luft darzustellen. Ich beschloss damals, die günstige Gelegenheit zunächst zur Entscheidung der Vorfrage zu benutzen, ob man denn damit, dass man Patienten eine um einige Procente an Sauerstoff ärmere Luft athmen lässt, überhaupt irgend etwas in dem Ablauf der Respirations- resp. Stoffwechselvorgänge ändert. Nach den herrschenden physiologischen Anschauungen musste ich das verneinen. Bei meinen Versuchen verfuhr ich so, dass ich aus dem Treutler'schen Apparat Luft von wechselndem O-Gehalt inspirirte und in ein Spirometer exspirirte. Ich arbeitete immer mit forcirten Respirationen, deren ich in jedem Versuche 8 machte; das Volumen der in- und exspirirten Luft war in allen Versuchen das Gleiche. Die Analyse der In- und Exspirationsluft ergab mir den O-Verbrauch in Procenten. Ich gelangte auf diese Weise zu folgenden Werthen:[1]

O-Gehalt der Insp.-Luft.	O-Verbrauch.
20·9 Proc.	3·6 Proc.
16—17 "	3·0 "
15—16 "	2·74 "
12—14 "	2·58 "
10·8—11·8 "	2·0 "
8·2—9·6 "	1·59 "

Die Werthe sind Mittel aus je 10 Versuchen. Ich habe selbst in der betreffenden Publication nachdrücklich hervorgehoben, dass diese Resultate nur einen relativen Werth beanspruchen können, da sie unter entschieden abnormen, aber genau gleichen Verhältnissen gewonnen wurden; ferner dass dieselben nur Geltung haben für die kurze Zeitdauer, auf welche ich wegen der Kleinheit meiner Apparate meine Versuche beschränken musste (80 Secunden). Es blieb somit unentschieden, ob bei längerer Einwirkung der O-armen Luft nicht etwa eine Ausgleichung erfolgt. Ein fernerer Einwand liess sich aus der am Anfang und am Ende eines jeden Versuches mit

[1] Kempner, Ueber den Sauerstoffverbrauch des Menschen bei Athmung sauerstoffarmer Luft. *Zeitschrift für klinische Medicin.* Bd. IV. S. 391.

O-armer Luft verschiedenen Zusammensetzung der Residualluft herleiten. Dieser Einwand, den Speck[1] erhoben hat, ist theoretisch vollkommen richtig; dass er aber praktisch für meine in Rede stehenden Versuche nicht in Betracht kommt, möchte ich an dieser Stelle gegenüber der von Speck aufgestellten Berechnung nachweisen. Speck nimmt an, ich habe in meinen 8 Respirationen 8000 ^{Ccm} geathmet. Demnach hätte ich bei Athmung atmosphaerischer Luft (3·6 Procent Verbrauch) 288 ^{Ccm} O., bei 16·8 Procent O 240 ^{Ccm} O und bei 8·9 Procent 128 ^{Ccm} O verbraucht. Die Residualluft, die Speck auf 1600 ^{Ccm} veranschlagt, enthielt aber am Ende des Versuches: bei atmosphaerischer Luft 20·9—3·6 = 17·3 Procent = 277 ^{Ccm}, bei 16·3 Procent 213 ^{Ccm}, bei 8·9 Procent 117 ^{Ccm} O. Wenn man nun die bei Athmung O-armer Luft am Ende des Versuches aus der Residualluft fehlende, und in den Spirometer d. h. in die analysirte Exspirationsluft übergegangene O-Menge in Rechnung zieht, so ergebe sich, dass der von mir gefundene Minderverbrauch sich vollkommen durch die veränderte Zusammensetzung der Residualluft erkläre. Die Rechnung ist ganz richtig; die Voraussetzung aber ist falsch, und mit dieser fällt natürlich die ganze Rechnung. Ich habe nämlich in 8 forcirten Respirationen nicht 8000 ^{Ccm}, sondern ca. 17500 ^{Ccm} geathmet. Diesem Luftquantum gegenüber kann man nun wohl sagen, dass ein Theil des von mir gefundenen Minderverbrauches sich durch die veränderte Zusammensetzung der Residualluft erkläre; das Factum aber, dass schon bei mässiger O-Verarmung eine Herabsetzung des O-Verbrauchs eintritt, bleibt sicher bestehen. Noch gesicherter erscheint dieses Ergebniss wenn man die Menge der Residualluft nicht mit Gréhant und Speck auf 1600 ^{Ccm} veranschlagt, sondern den Werth von ca. 500 ^{Ccm} für dieselbe annimmt, welchen Kochs in seinen nach einer von Pflüger angegebenen Methode angestellten Untersuchungen neuerdings gefunden hat.[2] — Immerhin konnten schon ihrer kurzen Zeitdauer wegen diese Versuche zur definitiven Entscheidung einer so wichtigen Frage nicht ausreichend erscheinen. Ich entschloss mich daher im Jahre 1882 den Gegenstand von einer anderen Seite aus in Angriff zu nehmen. Ich unternahm (im Laboratorium des Hrn. Dr. Herter) eine Reihe von Thierversuchen, in denen ich nicht die procentische Abnahme des Sauerstoffs in der Exspirationsluft gegenüber der Inspirationsluft bestimmen, sondern den in der Zeiteinheit verbrauchten O direct messen wollte.[3] Das geschah mit Hülfe eines dem Regnault-Reiset'schen nachgebildeten Apparates, der abwechselnd mit atmosphaerischer und mit mässig

---

[1] *Deutsches Archiv für klinische Medicin.* Bd. XXXIII. 1. S. 55.

[2] *Zeitschrift für klinische Medicin.* Bd. VII. S. 487.

[3] Kempner, Ueber den Einfluss mässiger Sauerstoffverarmung der Einathmungsluft auf den Sauerstoffverbrauch der Warmblüter. Virchow's *Archiv* u. s. w. Bd. LXXXIX. S. 290.

O-armer Luft gefüllt wurde, und in welchem kleine Thiere sich vollkommen frei bewegten. Durch geeignete Ventilation wurde die Kohlensäure entfernt, der nachströmende Sauerstoff wurde direct gemessen. Die ziemlich grosse Versuchsreihe, die an Säugethieren und Vögeln angestellt wurde, ergab für die Säugethiere eine ausnahmslose Bestätigung der vorher für den Menschen gefundenen Resultate. Schon bei mässiger O-Verarmung der Einathmungsluft ergab sich in 16 Versuchen an Ratte, Kaninchen und Hund immer, in 10 Versuchen an Taube und Canarienvogel 7 Mal eine Herabsetzung des Sauerstoffverbrauches. Diese Versuchsreihe nun erschien mir allerdings beweisend und einwandsfrei; es müsste denn Jemand auf die sonderbare Befürchtung verfallen, dass in den 26 Doppelversuchen die Thiere sich immer bei normaler Athemluft viel bewegt, in O-armer Luft aber ruhig verhalten haben. Der Einwand ist sehr unwahrscheinlich; immerhin aber könnte er von Jemand erhoben werden, der etwa eine narkotisirende Einwirkung der O-armen Luft annimmt, von der beim Menschen ja schon vielfach die Rede gewesen ist und die für höhere Grade der O-Verarmung schon Lavoisier und Séguin beobachtet haben. Jedenfalls schien es mir bei einer so wichtigen Frage gerathen, lieber Beweis auf Beweis zu häufen als irgend einen Zweifel bestehen zu lassen; und ich ergriff daher gern die sich mir darbietende Gelegenheit, durch eine dritte, abermals ganz verschiedene Methode die schon auf zwei anderen Wegen gewonnenen Ergebnisse zu bestätigen. So entstand die Versuchsreihe, zu deren Beschreibung ich nunmehr übergehe.

Vor Kurzem hat Lehmann[1] einen Apparat zur Unterhaltung der künstlichen Respiration beschrieben, der mit einer bisher ungekannten Vollkommenheit den natürlichen Gang der Athmung nachahmt und daher viele Stunden lang angewandt werden kann, ohne die Störungen der Circulation hervorzurufen, welche die meisten früheren Methoden der künstlichen Ventilation so unangenehm complicirten. Die Beschreibung dieses Apparates legte mir den Gedanken nahe, mit seiner Hülfe nun einmal die Einwirkung O-armer Luft in zeitlich möglichst ausgedehnten Versuchen an Thieren zu prüfen, bei denen die Selbstthätigkeit bei der Athmung ebenso wie jede Muskelaction überhaupt vollkommen ausgeschlossen war, d. h. an künstlich ventilirten und curarisirten Thieren. Das war gewissermaassen das Pendant zu meinen früheren Versuchen, in welchen die Thiere sich vollkommen frei und unbehindert bewegt hatten, und wo allen etwa vorhandenen nervösen und musculären Einflüssen freier Spielraum gegeben war. Falls sich am curarisirten Thiere ein anderes Ergebniss herausstellte, als am freien, spontan

---

[1] *Verhandlungen der Berliner physiologischen Gesellschaft. Dies Archiv,* 1883. S. 456.

athmenden, so konnten dadurch die früher gewonnenen Resultate zwar nicht erschüttert werden, wohl aber musste eine Bestätigung der früheren Ergebnisse am curarisirten Thiere dieselben um so beweiskräftiger erscheinen lassen. Und für die Deutung der Befunde, für die Theorie der Einwirkung sauerstoffarmer Luft schienen mir gerade die Versuche am curarisirten Thiere bedeutungsvoll. Handelte es sich nämlich dabei um eine rein physikalisch-chemische Einwirkung, so musste die am normalen Thiere gefundene Herabsetzung des O-Verbrauches sich auch am curarisirten Thiere, und hier sogar in noch verstärktem Maasse finden; denn hier fallen die Compensationsbestrebungen durch die Veränderung der Athemmechanik, auf die ich in meinen früheren Thierversuchen aufmerksam geworden war, fort. War dagegen das primäre Moment etwa eine unter dem Einfluss des O-Mangels auf nervösem Wege erzielte Herabsetzung der Oxydationsprocesse innerhalb der Gewebe, die erst secundär eine Herabsetzung des O-Verbrauchs bedingt, so konnte die am freien Thiere beobachtete Verminderung des O-Verbrauches durch die Einwirkung der Curarenarkose fortfallen.

Zur Ausführung meiner Versuche diente mir der im vorstehenden Aufsatze beschriebene Apparat, welcher direct für diese Versuche auf meine Veranlassung von Hrn. Prof. Zuntz zusammengestellt wurde. Die Complicirtheit des Apparates und die grosse zeitliche Ausdehnung der Versuchsreihen brachten so grosse Schwierigkeiten mit sich, dass die Durchführung der Versuche mir nicht möglich gewesen wäre ohne die opferfreudige Unterstützung, die Hr. Prof. Zuntz mir dabei angedeihen liess, und für welche ich demselben zu dauerndem Danke verpflichtet bleibe.

Während ich von einer Beschreibung des Apparates vollkommen absehe und in dieser Beziehung lediglich auf den vorstehenden Aufsatz verweise, will ich hier einige wenige Worte über den zeitlichen Gang der Versuche einfügen. Nachdem das Kaninchen, welches stets 24 Stunden vor Beginn des Versuches keine Nahrung erhalten hatte, tracheotomirt war, wurde es in ein warmes Wasserbad versenkt, dessen Temperatur während der ganzen Dauer einer Versuchsreihe mit Hülfe eines Thermoregulators auf ca. 38·6° C. erhalten wurde. Alsdann wurde es mit demjenigen der beiden Spirometer, der atmosphaerische Luft enthielt, verbunden. Sobald die Temperaturverhältnisse constant geworden und andere etwa vorhandene Störungen beseitigt waren, stellte sich stets eine ziemlich grosse Constanz des O-Verbrauchs, der an der Gasuhr alle zehn Minuten abgelesen wurde, heraus. Nachdem das Thier hinreichend lange atmosphaerische Luft geathmet hatte, wurde in der von Zuntz geschilderten Weise umgeschaltet und das Thier mit dem anderen Spirometer verbunden, in welchem durch geeignete Einstellung der Spirometerglocke dafür gesorgt war, dass das Thier den O-Gehalt der Luft bis auf einen bestimmten Procentgehalt

herunterathmen musste. Während nun das Thier die O-arme Luft athmete, wurde der Verbrauch in derselben Weise wie vorher controlirt. Sobald der Versuch lange genug gewährt zu haben schien, wurde abermals umgeschaltet und das Thier wieder mit atmosphaerischer Luft in Verbindung gesetzt. Dieser Wechsel wurde so lange fortgesetzt, bis entweder das Verhalten des Thieres oder die Ermüdung des Experimentators demselben ein Ziel setzte. — Der O-Gehalt der Luft wurde nach Beendigung eines jeden Einzelversuches an einer aus dem Apparate entnommenen Probe nach der Hempel'schen Methode bestimmt. — Die Kohlensäure wurde in den Expirationsventilen durch Kalilauge absorbirt. In einigen Versuchsreihen wurde die Menge der in jedem Versuche ausgeschiedenen Kohlensäure bestimmt. Zu diesem Zwecke wurde die Lauge, sowie das ausgekochte Wasser, das zur zweimaligen Ausspülung der Ventile gedient hatte, in einem Kolben gesammelt und auf 500 ^{Ccm} mit ausgekochtem Wasser aufgefüllt. Mit Hülfe einer Normalsäure wurde dann der Grad der Alkalescenz in dieser verdünnten Lauge und in einer Mischung derselben mit gleichem Volumen Chlorbaryum durch Titrirung bestimmt. Die Differenz ergiebt den Kohlensäuregehalt der Lauge. — Hervorgehoben sei noch, dass während der ganzen Dauer der Versuche die Lehmann'sche Pumpe zur Unterhaltung der künstlichen Respiration vorzüglich functionirte. Der Gang derselben war so geregelt, dass in der Minute 30 Respirationen erfolgten.

Den Gang der einzelnen Versuche werde ich durch Mittheilung der ausführlichen Protocolle am Schlusse dieser Arbeit veranschaulichen. Ich will aber auch an dieser Stelle eine Zusammenstellung der Resultate geben, indem ich den O-Gehalt der Inspirationsluft und den auf 0° und 760 ^{mm} Druck reducirten Werth des O-Verbrauches pro Minute für jeden einzelnen Versuch gegenüberstelle, den Ablauf der Versuchsreihe graphisch darstelle[1] und einige epikritische Bemerkungen an die Mittheilung jeder Versuchsreihe anschliesse.

I. Versuch vom 29. November 1883.

1)	22·0 Proc. O	14·57 ^{Ccm} pro Minute
2)	18·0 „ „	12.88 „ „ „
3)	20·0 „ „	13·26 „ „ „
4)	13·5 „ „	7·48 „ „ „

[1] In den Curven bedeutet die ausgezogene Linie den Procentgehalt der Inspirationsluft an O, die gestrichelte den Sauerstoffverbrauch, die punctirte die CO_2-Ausscheidung in Cubikcentimeter für die Minute berechnet.

Bei dem mächtigen Abfall, welchen der O-Verbrauch im vierten Versuche zeigt, ist offenbar neben der O-Verarmung der Luft auch das allmähliche Erlahmen des Thieres, das am Ende des Versuches abstarb, betheiligt. Die letzten, augenscheinlich pathologischen Werthe sind bei

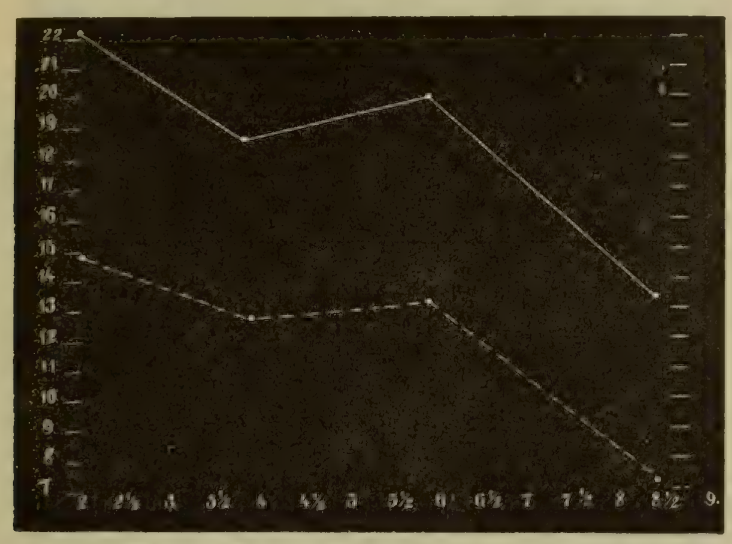


Fig. 1.

der Berechnung des Verbrauches ausser Acht gelassen worden. Jedenfalls aber verdient es als auffallende Thatsache hervorgehoben zu werden, dass das curarisirte Thier nach vielstündiger Einwirkung der Narkose in diesem Falle schon bei einem Sauerstoffgehalt der Luft von 13·5 Procent zu Grunde ging.

II. Versuch vom 3. December 1883.

1)	28·8 Proc. O	. . . . .	12·42 Ccm pro Minute
2)	17·9 „ „	. . . . .	10·96 „ „ „
3)	18·2 „ „	. . . . .	11·82 „ „ „
4)	10·9 „ „	. . . . .	10·36 „ „ „
5)	18.5 „ „	. . . . .	10·59 „ „ „
6)	29·5 „ „	. . . . .	11·17 „ „ „

Offenbar hat auch dieses Thier unter der Curarenarkose gelitten und sich während der letzten Versuche unter pathologischen Bedingungen befunden. Die absolute Grösse des O-Verbrauches sinkt allmählich ab, aber immer noch macht sich das Gesetz geltend, dass der O-Verbrauch sich in derselben Richtung bewegt wie der O-Gehalt der Inspirationsluft; nur tritt in Folge der gesunkenen Lebensenergie dieses Verhalten weniger deutlich hervor.

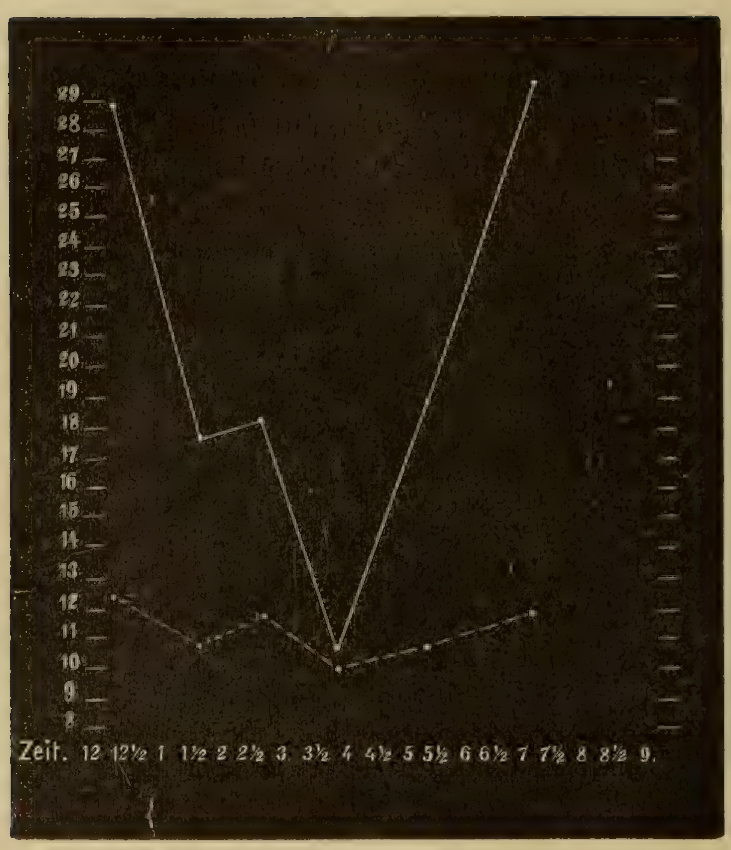


Fig. 2.

III. Versuch vom 28. December 1883.

Thier nicht curarisirt, spontan athmend.

1)		14·6	Proc.	10·0 Ccm	pro	Minute
2)		14·5	„	9·22 „	„	„
3)		11·8	„	9·30 „	„	„
4)		6·0	„	8·29 „	„	„
5)		17·0	„	10·86 „	„	„
6)	a.	13·75	„	11·14 „	„	„
	b.	19·0	„	11·16 „	„	„
	c.	11·0	„	11·06 „	„	„
	d.	18·0	„	12·53 „	„	„
	e.	10·8	„	10·95 „	„	„
	f.	7·7	„	8·8 „	„	„
7)		28·8	„	13·51 „	„	„

Dieser Versuch bietet in mehrfacher Hinsicht ein besonderes Interesse dar. Zunächst zeigt er, dass das nicht curarisirte Thier den O-Mangel viel besser verträgt, als das curarisirte. Selbst bei dem O-Gehalt von 6 Procent war der O-Verbrauch wohl bedeutend verlangsamt, aber vollkommen regelmässig und der Puls zeigte keine abnormen Erscheinungen.

Gerade an diesem Tage erhielten wir, vermuthlich durch eine Verunreinigung unserer Sauerstoffquelle, immer niedrigere O-Werthe, als wir beabsichtigten, und athmete das Thier elf Stunden lang ununterbrochen eine mehr oder weniger O-arme Luft. Ich glaube, dass die abnorme Steigerung, welche der erste Werth des sechsten Versuches gegenüber dem im fünften Versuche erhaltenen zeigt, sich hieraus erklärt, dass unter

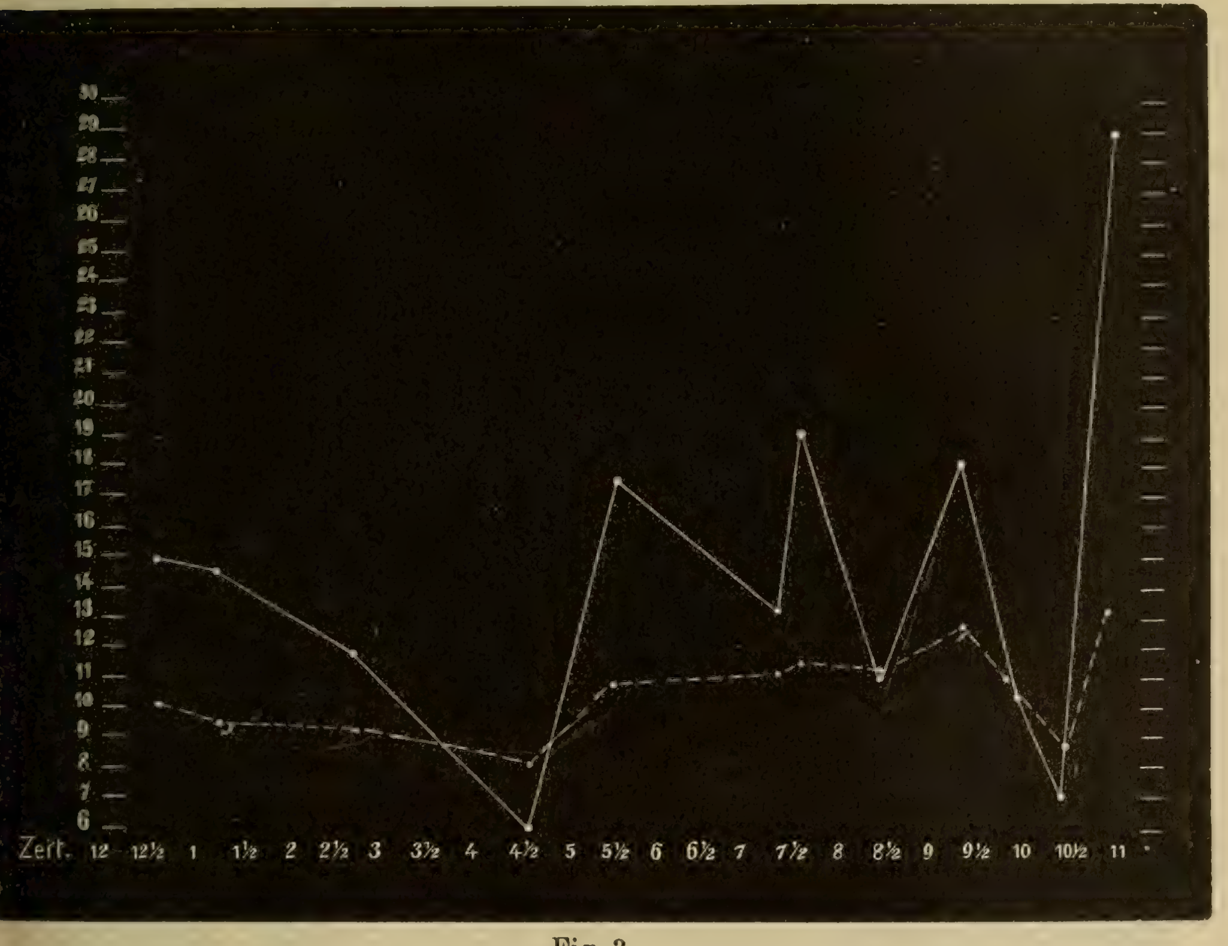


Fig. 3.

Einwirkung einer Luft von 17 Procent O sich das Thier erst einigermaassen von der Einwirkung des stärkeren O-Mangels erholte, dem es Stunden lang vorher ausgesetzt gewesen war, und dass dabei der Stoffwechsel sich allmählich hob. — Der sechste Versuch zerfällt, wie in der Tabelle angedeutet, in sechs Abtheilungen, da ich in diesem Falle, während das Thier an einem Spirometer athmete, sechs verschiedene Luftmischungen herstellte. Nachdem das Thier über eine halbe Stunde an dem Spirometer geathmet hatte, entnahm ich mit der Hempel'schen Gasbürette 80 Ccm Gas aus dem Apparat, das einen O-Gehalt von 13·75 Procent aufwies. Da für das entnommene Gas natürlich O in den Apparat nachgeströmt war, so hob sich jetzt der O-Gehalt auf 19 Procent (berechneter Werth). Nachdem das Thier zwanzig Minuten lang diese Luft geathmet hatte, wurden 80 Ccm atmosphaerische

Luft in den Apparat eingeblasen. Eine Stunde später wurden 99 Ccm Gas aus dem Apparat genommen und zeigten einen Sauerstoffgehalt von 11 Procent. Durch den nachströmenden Sauerstoff änderte sich jetzt wieder die Zusammensetzung der Luft im Apparat so, dass dieselbe 18 Procent O enthielt (berechneter Werth). Nach einer halben Stunde wurden die in den entnommenen 99 Ccm enthaltenen 88 Ccm Stickstoff in den Apparat zurückinjicirt und dadurch der O-Gehalt in demselben auf 10·8 Procent herabgedrückt. Durch nochmalige Injection von 27 Ccm Stickstoff wurde schliesslich ein O-Gehalt von 7·7 Procent erzielt. — Wie die Tabelle zeigt, folgte der O-Verbrauch mit mehr oder weniger deutlichen Ausschlägen den Schwankungen des O-Gehaltes. Dem Umstande, dass während der ersten Versuche das Thier sich noch von der langen, vorhergehenden Einwirkung starken O-Mangels erholt, ist es wohl zuzuschreiben, dass die Differenz zwischen Versuch 6 a und b so gering ausfällt. Immerhin verläuft die Curve des O-Verbrauches in demselben Sinne, wie die des O-Gehaltes, und der Versuch beweist, dass das gefundene Verhalten auch in kürzeren Experimenten, als ich sie anzustellen pflegte, nachweisbar ist. Der ganze Versuch 6 hat von 7^h 4′ bis 10^h 50 gedauert. — Eine besondere Beweiskraft erlangte der Versuch noch dadurch, dass es mir nach Beendigung desselben gelang, zum ersten Male an diesem Tage eine sauerstoffreiche Luft von 28·8 Procent darzustellen und dabei den Verbrauch von 8·8 Ccm auf 13·51 Ccm pro Minute ansteigen zu sehen.

Nach diesem Versuche musste ich, da die Gasuhr undicht wurde, mich der von Zuntz beschriebenen Modification des Apparates bedienen, bei welcher der nachtretende Sauerstoff in calibrirten Cylindern gemessen wurde. Von diesen Cylindern waren zwei vorhanden, so dass, während der eine sich entleerte, der andere gefüllt werden konnte. Auf diese Weise wurde eine Unterbrechung der Sauerstoffzufuhr zum Zwecke der Füllung des Cylinders vermieden. Was jetzt gemessen und protocollirt wurde, war also nicht die Sauerstoffmenge in Ccm, die in einer bestimmten Zeit in den Apparat eintrat, sondern die Zeit, innerhalb welcher ein bestimmtes Quantum O in den Apparat nachströmte. Ich habe über zwei Versuchsreihen, die mit dem so abgeänderten Apparat angestellt wurden, zu berichten.

IV. Versuch vom 25. Februar 1884.

			CO_2-Ausscheidung.
1)	16·0 Proc. O	14·63 Ccm pro Min.	
2)	15·6 „ „	11·9 „ „ „	
3)	16·5 „ „	15·37 „ „ „	14·39
4)	13·3 „ „	13·92 „ „ „	
5)	16·0 „ „	14·26 „ „ „	13·408

6)	15·0 Proc. O	12·52 Ccm pro Min.	11·09
7)	21·0 „ „	11·88 „ „ „	7·76
8)	14·8 „ „	11·78 „ „ „	10·70
9)	21·0 „ „	10·4 „ „ „	
10)	14·8 „ „	9·0 „ „ „	5·76

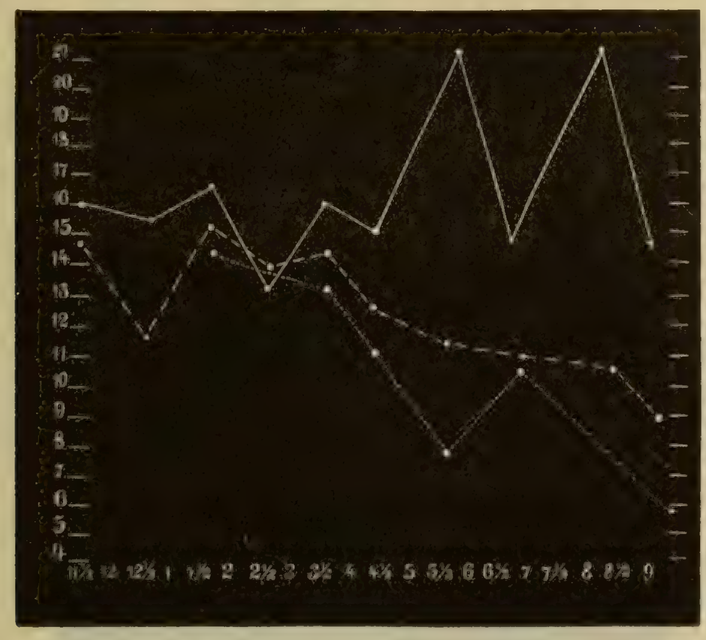


Fig. 4.

Die ersten 6 Versuche dieser Reihe zeigen einen dem bisher gefundenen Gesetze entsprechenden Verlauf; in Versuch 5 und 6 aber erscheint schon die absolute Grösse des O-Verbrauchs des in dieser Versuchsreihe wieder curarisirten Thieres gegen die ersten Versuche verringert. Von Versuch 6 ab macht die Erlahmung des Thieres unter der combinirten Einwirkung sechsstündigen O-Mangels und der Curarenarkose so rapide Fortschritte, dass der daraus resultirende Abfall des O-Verbrauchs die Einwirkung des wechselnden O-Gehalts der Luft vollkommen verdeckt. Während der O-Gehalt in vier Versuchen zwischen 21 Procent und 14·8 Procent schwankt, fällt der O-Verbrauch in grader Linie ab (s. Curve IV).

Wir stossen hier auf eine Fehlerquelle, durch deren Einfluss unter Umständen das Resultat verdeckt werden kann; ein unberechenbarer Factor, die Ermüdung des Thieres, tritt in Wirksamkeit und stört den Ablauf des Experimentes. Der Zeitpunkt, wann das geschieht, ist natürlich von der Individualität abhängig und in keinem Einzelfalle vorauszusagen. Von der Unberechenbarkeit dieses Factors habe ich mich durch eine stattliche Reihe missglückter Experimente überzeugen müssen, die daran scheiterten, dass das curarisirte Thier schon in den ersten Stadien des Versuchs bei mässiger O-Verarmung zu Grunde ging. — In dieser Versuchsreihe ist auch eine

Anzahl von CO_2-Bestimmungen ausgeführt und mit einer punktirten Linie in die Curve eingezeichnet worden.

V. Versuch vom 3. März 1883.

			CO_2-Ausscheidung.
1)	23·5 Proc. O	20·99 Ccm pro Min.	23.93 Ccm
2)	25·2 „ „	19·87 „ „ „	17·70 „
3)	18·7 „ „	18·36 „ „ „	15·27 „
4)	22·8 „ „	20·61 „ „ „	16·65 „
5)	15·3 „ „	16·49 „ „ „	
6)	21·2 „ „	22·90 „ „ „	16·09 „
7)	14·8 „ „	15·8 „ „ „	13·91 „

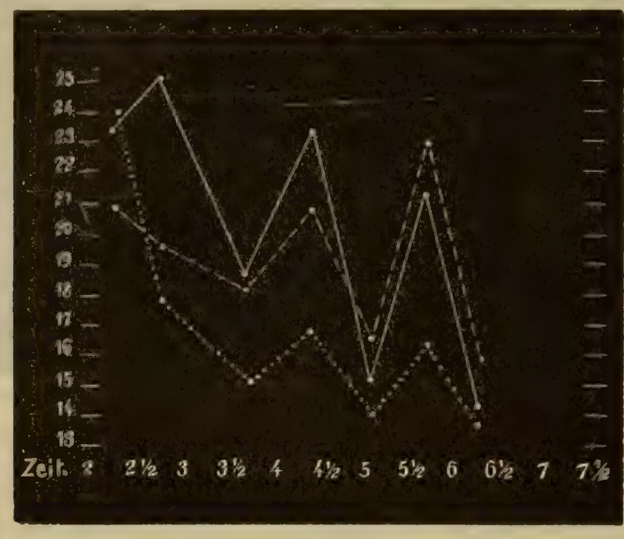


Fig. 5.

In dieser Versuchsreihe zeigt die Curve einen fast vollkommenen Parallelismus zwischen O-Gehalt und O-Verbrauch. Die CO_2-Ausscheidung ist auch hier bestimmt und in die Curve eingezeichnet worden. — Zur Erklärung des abnorm hohen CO_2-Werthes in Versuch 1, wo der respiratorische Quotient auf 1·14 steigt, muss ich bemerken, dass vor Beginn des regulären Versuches durch ein Versehen bei der Handhabung des Apparates ein starker Minusdruck in demselben entstanden war, wodurch der O-Verbrauch des Thieres enorm sank. Zugleich hatte wahrscheinlich eine CO_2-Anhäufung im Blute stattgefunden, und als nun das Thier in einer Luft von 23·5 Proc. O normal zu respiriren anfing, entstand auf diese Weise die abnorme Steigerung der CO_2-Ausscheidung, die mit der CO_2-Bildung wohl nicht zusammenhängt.

Aus vorstehenden Versuchen ergiebt sich als Resultat für die Sauerstoffaufnahme: dass dieselbe zwischen 20 und 30 Procent O-Gehalt der Inspirationsluft eine Abhängigkeit vom Partiardruck des Sauerstoffs nicht erkennen lässt. Innerhalb dieser Breite finden

sich irreguläre Schwankungen, für welche ich eine Erklärung nicht zu geben vermag. Sobald aber der O-Gehalt auch nur um wenige Procente unter die Norm sinkt, so sinkt auch der Sauerstoffverbrauch; dieses Verhalten ist schon bei einem O-Gehalt der Inspirationsluft von 18 Procent unverkennbar deutlich ausgeprägt. Dass eine absolute Proportionalität zwischen O-Gehalt und O-Verbrauch sich innerhalb der einzelnen Versuchsreihen nicht nachweisen liess beruht wohl darauf, dass selbst das curarisirte und künstlich ventilirte Thier noch immer nicht einer Maschine gleichzusetzen ist, sondern in verschiedenen Phasen des Versuches sich unter verschiedenen Lebensbedingungen befinden kann, wobei besonders an Aenderungen der Circulation sowie der Thätigkeit der auch beim curarisirten Thiere vom Centralnervensystem noch abhängigen glatten Musculatur und der Drüsen gedacht werden muss. — Das erklärt es, dass einem O-Gehalt von z. B. 15 Procent in einem Falle ein stärkerer, im anderen Falle ein schwächerer Abfall des Verbrauchs entspricht; immer aber bleibt das Gesetz bestehen, dass bei Athmung O-armer Luft niemals der Verbrauch auf die Höhe steigt, die er unter annähernd gleichen Lebensbedingungen bei Athmung normaler Luft erreicht. — Dieses Verhalten entspricht durchaus der Ueberlegung, die ich in der Einleitung an die Versuche von Regnault und Reiset angeknüpft habe; es unterstützt die Annahme, dass die normale Zusammensetzung der Atmosphaere auf dem Meeresniveau für die in dieser Höhe lebenden Organismen einen Grenzwerth darstellt, jenseits dessen eine Zunahme des O-Gehalts den Verbrauch nicht steigert, eine Abnahme aber ihn sofort verringert. Immerhin ist aber die erstere Folgerung *cum grano salis* aufzufassen. Der O-Verbrauch wird allerdings gegenüber der Norm nicht gesteigert, wohl aber wird die O-Aufnahme eine vorübergehende Steigerung erfahren, weil die vom Plasma absorbirte Menge proportional dem Drucke wachsen muss. Jedenfalls ist das hier in Betracht kommende Plus von Sauerstoff in Folge des niedrigen Absorptionscoëfficienten des Plasma's für O (0.0262 nach Zuntz) nur sehr unbedeutend und kommt für den Stoffwechsel nicht in Betracht. Für O-Spannungen zwischen 20 und 30 Procent ergiebt sich das aus meinen oben mitgetheilten Versuchen; für höhere Steigerungen des Procentgehaltes an O beweisen es die inzwischen von E. Herter mitgetheilten Versuche von Lukjanow[1]. Die Steigerung der O-Aufnahme, die Speck bei seinen kurzdauernden Versuchen mit Einathmung O-reicher Luft fand, führt dieser Autor daher gewiss mit Recht wesentlich auf die veränderte Zusammensetzung der Residualluft zurück.

Für die Erklärung der verminderten O-Aufnahme in O-armer Luft,

[1] *Fortschritte der Medicin.* Bd. II. Heft 8.

die ich in den vorstehenden und in meinen früheren Thierversuchen gefunden habe, kann natürlich die Residualluft nicht herangezogen werden, denn in beiden Versuchsreihen ist der O-Verbrauch durch directe Messung der in der Zeiteinheit nachströmenden Gasmenge, nicht durch die Bestimmung der procentischen Zusammensetzung der Exspirationsluft ermittelt worden. Gegenüber den von mir beobachteten, theilweise gewaltigen Ausschlägen können auch Verschiedenheiten der Menge des im Plasma absorbirten Sauerstoffs nicht in Betracht kommen, wie sich durch eine einfache Ueberschlagsrechnung beweisen lässt. Ein Kaninchen von 1300 gr Gewicht enthält etwa 100 Ccm Blut und weniger als 900 Ccm Gewebsflüssigkeiten. Von den 100 Ccm Blut sind etwa 25 Ccm arteriell, 75 Ccm venös; erstere enthalten etwa 14 Procent O (s. Walter, Arch. f. exp. Path. VII. S. 148), letztere etwa 9 Procent. Die Gewebsflüssigkeiten können höchstens diejenige Menge O enthalten, welche Wasser bei Sättigung mit atmosphaerischer Luft besitzt, d. h. 0·5 Procent; factisch enthalten sie viel weniger; so fand O. Hammersten bei curarisirten Thieren 0·1 Procent im Mittel von 9 Analysen. Summiren wir diese Werthe, so finden wir:

25 Ccm	arterielles Blut enthalten höchstens	3·5 Ccm	O
75 „	venöses „ „ „	6·75 „	„
900 „	Gewebsflüssigkeit „ „	4·5 „	„
	Das ganze Thier enthält höchstens	14·75 „	„

Wie man sieht, kommt der ganze O-Vorrath des Körpers nicht in Betracht gegenüber den von mir gefundenen Herabsetzungen des O-Verbrauchs. Man ist daher zu der Annahme genöthigt, dass die Oxydationsprocesse im Körper thatsächlich herabgesetzt werden. Natürlich kann das nur dadurch vermittelt werden, dass der O-Gehalt im Blute, d. h. der O-Reichthum der Blutkörperchen sinkt. — Für die Erklärung dieses Sinkens sind zwei Möglichkeiten gegeben. Die eine Erklärung, auf welche ich in meinen früheren Arbeiten über den Gegenstand hingewiesen habe, beruht auf einem von Hoppe-Seyler (Physiol. Chemie III. S. 552) entwickelten Gedankengang. Da die Diffusionsgeschwindigkeit eines Gases durch eine Membran proportional ist dem Drucke, den das Gas auf die Membran ausübt, so wird bei vermindertem O-Druck weniger O als in der Norm in der Zeiteinheit aus der Lungenluft in das Blut übertreten. Bei gleichbleibendem Haemoglobingehalt des venösen Blutes und gleichbleibender Geschwindigkeit der Circulation wird also unter der Einwirkung O-armer Luft eine Herabsetzung der O-Aufnahme eintreten müssen, die ihrerseits eine Verminderung der Oxydationsprocesse bewirken kann. — Dieser Theorie steht ein Bedenken gegenüber. In der Norm werden an die Geschwindigkeit der Diffusion so geringe Anforderungen gestellt, dass nach einer von

Zuntz[1] angestellten Berechnung durch den Quadratcentimeter Alveolenfläche nur 0·0003 ^{Ccm} O in der Minute hindurchtreten, während Exner durch seine Seifenlamellen ein 2000 mal grösseres Volumen diffundiren sah. Es ergiebt sich daraus, dass es nur minimaler Spannungsdifferenzen zwischen dem O-Gehalt des Blutes und der Luft bedarf, um dem ersteren noch eine volle Sättigung mit Sauerstoff zu ermöglichen. — Man wird daher vielleicht mit mehr Recht an eine andere Erklärungsmöglichkeit denken: In Berührung mit O-armer Luft wird immer noch eine vollkommene Spannungsausgleichung zwischen Lungenluft und Plasma stattfinden; unter Einwirkung des geringeren O-Gehalts im Plasma aber wird eine vollständige Sättigung der Blutkörperchen mit O nicht mehr möglich sein. Nach den bisher stets als maassgebend angeführten Versuchen Worm Müller's erscheint eine solche Annahme allerdings nicht statthaft, da dieser Autor die Bindung des O durch das Haemoglobin vom Partiardruck des O unabhängig fand. Indessen sind gegen die Beweiskraft dieser Versuche von Zuntz wohlbegründete theoretische Einwendungen erhoben worden, und gewisse Versuchsresultate von Paul Bert und von Fraenkel und Geppert erscheinen mit der Lehre Worm Müller's nicht vereinbar.

Wenn auf diese Weise die Entstehung eines geringeren O-Gehaltes im Blute erklärt ist, so entsteht die weitere Frage, weshalb und auf welche Weise dieses bei geringer O-Verarmung der Luft doch gewiss nur unbedeutende Minus an O im Blute eine Herabsetzung der Oxydationsprocesse bewirkt. Denn es ist ja bekannt, dass normaler Weise auf dem Wege durch die Gewebe nicht aller O dem Blute entzogen wird, dass vielmehr das venöse Blut noch recht beträchtliche Quantitäten von O enthält. — Auch diese Frage ist einer doppelten Beantwortung fähig. Denn einerseits ist das eben Gesagte wohl richtig für das mittlere Venenblut, wie es in den grossen Hohladern dem rechten Herzen zuströmt; das führt noch reichliche Mengen von O. In bestimmten Organen aber, so namentlich in der Leber, enthält das Venenblut schon im normalen Zustande nur äusserst geringe Quantitäten von O. Wenn nun diese Organe ein auch nur wenig sauerstoffärmeres Blut erhalten, so kann sehr wohl der Fall eintreten, dass der vorhandene O verzehrt und doch der Bedarf nicht vollständig gedeckt wird, womit sich ein Absinken der Gesammtoxydationen im Körper erklären würde. — Die zweite Erklärungsmöglichkeit beruht darauf, dass gewisse Oxydationsvorgänge im Organismus offenbar an eine relativ hohe Sauerstoffspannung im Blute gebunden sind. Die schlagendste Analogie für dieses Verhalten bietet der bekannte Fundamentalversuch mit dem glimmenden Spahn, der in atmosphaerischer Luft, d. h. bei einem Partiardruck des O von 150 ^{mm}, eben

[1] Zuntz, *Physiologie der Blutgase und des respiratorischen Gaswechsels.* S. 90.

nur glimmt, in reinem O aber mit heller Flamme brennt. Ein dem entsprechendes Verhalten hat Alex. Schmidt im Erstickungsblut nachgewiesen. Dasselbe enthält stets eine Menge oxydabler Substanzen neben mehreren Volumprocenten O. Trotzdem finden in demselben keine Oxydationen statt; dieselben treten aber sofort ein, sobald man dem Blute einen Ueberschuss von O hinzufügt. Man könnte demnach die Herabsetzung der Oxydationsprocesse bei Athmung O-armer Luft darauf zurückführen, dass gewisse Oxydationen, die bei normal gesättigtem Blute auftreten, fortfallen, sobald die Sauerstoffspannung im Blute unter die normale Höhe herabsinkt.

Für die Herabsetzung der Oxydationen, die ich bisher schon aus der Grösse der Herabsetzung des O-Verbrauchs als erwiesen angesehen habe, sprechen auch die allerdings nicht zahlreichen Werthe, welche ich für die CO_2-Ausscheidung in O-armer Luft ermittelt habe. Die Betrachtung der Curven lehrt, dass durch den O-Gehalt der Luft die CO_2-Ausscheidung in demselben Sinne, aber in geringerem Maasse wie der O-Verbrauch beeinflusst wird. — Das Factum kann vielleicht eine Stütze abgeben für die Lehre, dass im Organismus, ganz unabhängig von der O-Aufnahme, Spaltungsprocesse verlaufen, welche zur CO_2-Bildung führen. Denn das geschilderte Verhalten würde sich ungezwungen durch die Annahme erklären, dass in O-armer Luft zwar die vom O-Zutritt abhängigen Oxydationen Einbusse erleiden, die Spaltungsprocesse aber ruhigen Fortgang nehmen. Unter diesen Verhältnissen müsste die Curve der CO_2-Bildung zwar gleichgerichtete, aber geringere Ausschläge zeigen als die des O-Verbrauchs. — Andererseits aber darf nicht vergessen werden, dass das beobachtete Verhältniss zwischen beiden Curven bei herabgesetzter CO_2-Production auch aus rein physikalischen Gründen erklärt werden kann. Bei verminderter CO_2-Production und gleich bleibender Ventilationsgrösse muss der Procentgehalt der Lungenluft an CO_2 natürlich sinken; dadurch werden die Ausscheidungsbedingungen der CO_2 aus Blut und Geweben günstiger und es wird — während der Periode verminderter CO_2-Production — ein gewisses Quantum CO_2 zur Ausscheidung gelangen, welches schon praeformirt in den Geweben vorhanden war. Daher wird während dieser Periode ein Absinken der ausgeschiedenen CO_2-Menge wohl zu beobachten sein, aber nicht in dem Maasse, wie es der Herabsetzung der Production entspricht. — Genau die entgegengesetzte Ueberlegung gilt für die Zeiten gesteigerter CO_2-Production, in welchen wieder eine Anhäufung von CO_2 in Blut und Geweben stattfindet. Auch diese physikalischen Gründe sind vollkommen ausreichend, um unter der Annahme einer dem verminderten O-Verbrauch proportionalen Herabsetzung der CO_2-Ausscheidung das Verhalten der beiden Curven zu einander zu erklären. —

Das hohe theoretische Interesse, das der durch die vorstehenden

Versuche neu bestätigten Thatsache innewohnt, bedarf wohl keiner besonderen Darlegung; durch dieselbe ist der Nachweis erbracht, dass trotz der chemischen Bindung des Sauerstoffs durch das Haemoglobin, die Sauerstoffaufnahme vom Partiardruck des Gases abhängig ist, sobald die Spannung desselben unter die in der normalen Atmosphäre gegebene herabreicht. Aber auch vom praktischen Gesichtspunkte aus dürfte dieses Factum einige Beachtung verdienen. Zunächst für das Verständniss der vielumstrittenen und vielerklärten Bergkrankheit. Wenn schon bei einem O-Gehalt der Luft von 18 Procent die O-Aufnahme herabgesetzt gefunden wird, so ist man allerdings berechtigt, die Symptome der Bergkrankheit als Folgeerscheinungen des O-Mangels aufzufassen. Dass die Bergkrankheit schon in relativ geringen Höhen häufig mit grosser Heftigkeit auftritt, erklärt sich aus den mit jeder Bergbesteigung verbundenen Muskelanstrengungen, die den O-Verbrauch enorm steigern, und dadurch ein weit schrofferes Missverhältniss zwischen O-Bedarf und O-Aufnahme schaffen, als es jemals in der Ruhe vorhanden ist. Möglich ist es immerhin, dass auch manche der anderen, als Veranlassungen der Bergkrankheit beschuldigten Momente als Hülfsursachen bei der Entstehung derselben betheiligt sind, so die Ueberanstrengung der Muskeln, die Blendung auf Schneefeldern u. s. w., das wesentliche Moment werden wir aber mit P. Bert in der O-Verarmung des Blutes und der Gewebe suchen müssen. — An diese Erörterung schliesst sich von selbst die Frage, wie sich denn die eingeborenen Bevölkerungen hochgelegener Gebirgsländer in Bezug auf ihre Sauerstoffaufnahme verhalten? Soll man in der That annehmen, dass diese Leute, an deren körperliche Leistungsfähigkeit das Leben doch hohe Anforderungen zu stellen pflegt, im Vergleich zu den Bewohnern des Flachlandes eine Herabminderung der Oxydationsprocesse in ihrem Organismus zeigen? Jourdanet hat auf Grund einer langjährigen ärztlichen Praxis in den Hochplateaus von Mexico diese Behauptung aufgestellt. Er giebt an, dass die dortige Bevölkerung eine abnorme Blässe, geringe Widerstandsfähigkeit gegen Erkrankungen und im Ganzen eine verminderte Lebensenergie zeigt; auch will er constatirt haben, dass das arterielle Blut dieser Menschen zwar nicht weniger rothe Blutkörperchen enthält, aber weniger hellroth gefärbt ist, so dass die Farbendifferenz zwischen arteriellem und venösem Blut weniger auffallend ist, als wir es zu sehen gewöhnt sind. Er bezeichnete diesen Zustand, der ganz dem entspricht, was auf Grund meiner Ergebnisse zunächst zu erwarten steht, mit dem sehr treffenden Namen der *Anoxyhémie.* Die Existenz des von Jourdanet gezeichneten Krankheitsbildes ist aber dadurch zweifelhaft geworden, dass dasselbe von keiner anderen Seite eine Bestätigung gefunden hat, dass vielmehr im Gegentheil eine Reihe widersprechender Angaben in der Literatur vorliegt. In der That ist auch das Auftreten dieser

Anoxyhaemie keine nothwendige Folgerung aus meinen Versuchsergebnissen; denn die Annahme liegt nahe, dass die Bergbewohner im Laufe der Zeiten sich den gegebenen Existenzbedingungen angepasst und eine Compensation für den mangelhaften O-Gehalt der Luft gewonnen haben. Es würde mich zu weit aus dem Rahmen meiner heutigen Arbeit hinausführen, wenn ich an dieser Stelle die verschiedenen Möglichkeiten, wie eine solche Compensation stattfinden könnte, ausführlich erörtern wollte; ich will daher hier nur darauf hindeuten, dass man in Anbetracht der verschiedenen, oben entwickelten Theorien über das Zustandekommen der Herabsetzung der Oxydationen, an Vertiefung der Athmung, Beschleunigung der Circulation und Vermehrung der rothen Blutkörperchen denken kann. In Bezug auf den letzteren Punkt liegen keine beweisenden Beobachtungen vor; über das Verhalten von Athmung und Circulation auf mässiger Höhe hat Mermod an sich selbst eine grosse Reihe von Versuchen mit äusserster Sorgfalt angestellt.[1] Er untersuchte in zwei ausgedehnten Versuchsreihen unter möglichst gleichen Lebensbedingungen das Verhalten der Puls- und Athemfrequenz, der Temperatur, der Athemgrösse und der Kohlensäureausscheidung in Strassburg (143^m) und in St. Croix (1100^m). Er gelangt zu folgendem Resultat: die Pulsfrequenz ist auf der Höhe beschleunigt, die Athemfrequenz bleibt unverändert, ebenso die Temperatur. Das Volumen der exspirirten Luft ist grösser auf der Höhe als in der Ebene; reducirt man aber beide Volumina auf 0^0 und 760^{mm}, so findet sich die Gewichtsmenge der durch eine Exspiration ausgeathmeten Luft grösser in der Ebene als auf der Höhe. Die Kohlensäureausscheidung erweist sich auf der Höhe gesteigert. Einen definitiven Aufschluss über das Verhalten der Oxydationen in einer Höhe von 1100^m geben die Versuche Mermod's nicht, da der Verf. leider aus äusseren Gründen behindert war, den maassgebendsten Factor, die Sauerstoffaufnahme, zu messen. Weder die Constanz der Temperatur noch die Steigerung der CO_2-Ausscheidung liefert einen entscheidenden Beweis gegen eine etwaige Herabsetzung der Oxydationen, da beide Momente bekanntlich in weit höherem Maasse von den Abgabe- als von den Productionsbedingungen abhängig sind. Immerhin sehen wir unter den beobachteten Erscheinungen eine Beschleunigung des Pulses und eine — freilich nicht ausreichende — Vermehrung der Athemgrösse figuriren; das scheint auf ein compensatorisches Bestreben der Natur hinzudeuten. Ob diese Compensationsbestrebungen ausreichend sind oder nicht, dass ist eine offene Frage, deren Beantwortung erst möglich sein wird, wenn einwandfreie Stoffwechseluntersuchungen oder

---

[1] A. Mermod, Nouvelles recherches physiologiques sur l'influence de la dépression atmosphérique sur l'habitant des montagnes. *Inaug. Dissertation.* Lausanne 1877.

Blutgasanalysen in den uns interessirenden Höhen angestellt sein werden. — Es sei kurz darauf hingewiesen, dass auch die Gewerbehygiene vielleicht aus den vorliegenden Versuchen eine fruchtbare Anregung schöpfen könnte. Bekanntlich sind beim Bergwerksbetriebe die Arbeiter mitunter der Einwirkung einer Luft von 15 bis 16 Procent O-Gehalt ausgesetzt, deren Schädlichkeit noch durch die gleichzeitig bestehende CO_2-Anhäufung erhöht wird. Auf Grund der eben erörterten Anschauungen muss man annehmen, dass der Stoffwechsel der Leute, die dauernd diesem O-Mangel ausgesetzt sind, ernstlichen Schaden leidet. Es erwächst daraus den berufenen Organen der öffentlichen Gesundheitspflege die Pflicht, für eine Abhülfe dieser, durch den Gewerbebetrieb gesetzten Schädlichkeit zu sorgen; eine solche zu finden dürfte auch nicht allzu schwer sein, nachdem P. Bert bereits in der pneumatischen Glocke bei starker Luftverdünnung die wohlthätigen Folgen der Einathmung reinen Sauerstoffgases constatirt hat. —

Für die klinische Medicin dürften die vorstehend geschilderten Versuche insofern eine besondere Bedeutung beanspruchen, als sie eine neue Anregung zu experimentellen Arbeiten geben, deren Fehlen schon lange als eine wesentliche Lücke in unseren Kenntnissen von der Pathologie des Stoffwechsels empfunden wird. Was in meinen Versuchen die mässige Herabsetzung des O-Gehalts der Inspirationsluft bewirkt, das kann und muss auch ein starker Katarrh der Bronchen, eine Infiltration der Lunge, ein Herzfehler, eine schwere Anaemie oder Leukaemie bewirken. In allen diesen Krankheitszuständen muss ebenfalls eine Herabsetzung des O-Verbrauchs vorhanden sein. Allerdings treten in allen diesen Fällen Compensationsbestrebungen in Thätigkeit; aber es lässt sich schon a priori annehmen, dass dieselben zur Erreichung einer vollständigen Ausgleichung ebenso wenig ausreichend sein werden, wie das bei meinen Versuchen an frei athmenden und sich frei bewegenden Thieren der Fall war. Voit steht auf einem entgegengesetzten Standpunkt, dem aber meines Erachtens die hinreichende experimentelle Stütze fehlt; er behauptet, „dass auch bei grosser Athemnoth, wenn sie längere Zeit ertragen wird, nicht weniger Sauerstoff in den Körper aufgenommen wird, und rasch der Tod unter Asphyxie eintritt, sobald dies nicht mehr möglich ist."[1] Ich glaube, dass diese ganze Anschauung durch meine Versuche widerlegt ist; übrigens erscheint mir dieselbe auch aus theoretischen Gründen schon unhaltbar. Als Ursache der Athemnoth können wir nur den O-Mangel im Blut und den Geweben betrachten; wenn nun in der That, vermöge der dyspnoischen Respiration, welche übrigens ihrerseits wieder eine abnorme Steigerung des

[1] Voit, Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels und der Ernährung. Hermann's *Handbuch.* Bd. VI. Th. 1. S. 224.

O-Verbrauchs bewirkt, eine ganz normale Sauerstoffaufnahme stattfände, so würde die Ursache der Athemnoth und damit diese selbst beseitigt sein, und es ist nicht abzusehen, wie unter diesen Umständen eine ununterbrochen längere Zeit audauernde Dyspnoe zustande kommen sollte. — Aber wenn man auch die Herabsetzung des O-Verbrauchs unter den erwähnten pathologischen Verhältnissen zugiebt, so entsteht die zweite Frage, welchen Einfluss dieselbe auf den Ablauf der Lebensprocesse ausübt. Eine erschöpfende Beantwortung dieser ebenso wichtigen wie schwierigen Frage ist durch meine vorstehenden Versuche noch nicht geleistet. Ich habe keine vollständigen Stoffwechseluntersuchungen gemacht; die Mitberücksichtigung der Stickstoffausscheidung hätte eine ganz andere, für mich undurchführbare Anordnung der Versuche erfordert. Aber schon das Factum, dass die CO_2-Ausscheidung in meinen Versuchen sich herabgesetzt fand, beweist, dass durch die geringere Sauerstoffaufnahme der Stoffwechsel eine Einbusse erleidet. Welche Elemente des Stoffwechsels von dieser Schädigung betroffen werden, wie sich besonders unter diesen Verhältnissen die Zersetzung des N-haltigen Materials verhält, das ist eine Frage, zu deren Lösung die Arbeiten A. Fraenkel's wichtige Beiträge geliefert haben. Zur endgiltigen Beantwortung dieser Frage für die Verhältnisse der menschlichen Pathologie und ganz besonders für die vielleicht mögliche Verwerthung derselben zu den Zwecken der Therapie sind noch weitere Studien erforderlich, die hoffentlich eine nahe Zukunft zeitigen wird.

Die in den folgenden Protocollen mitgetheilten Tabellen erfordern einige erklärende Vorbemerkungen. Die erste Columne bezeichnet in allen Tabellen die Zeit der Ablesung. In der zweiten findet sich in den ersten 3 Versuchsreihen der Stand der Gasuhr zu der willkürlich gewählten Ablesungszeit notirt. Im Allgemeinen fand alle 10 Minuten eine Ablesung statt. In den beiden letzten Versuchsreihen ist in der ersten Columne der Zeitpunkt notirt, wo nach Entleerung des einen Messcylinders der andere geöffnet wurde. In der zweiten Columne findet sich hier die Angabe, ob der rechte oder der linke Cylinder zu der notirten Zeit in Thätigkeit trat. Die Cylinder waren nicht ganz gleich; nach genauer Calibrirung fasste der rechte 100·72 ^{ccm}, der linke 99.47 ^{ccm}. — In der dritten Columne ist der Ueberdruck angegeben, unter welchem der O in den Apparat eintrat, gemessen an einem vor der Gasuhr resp. den Messcylindern in die Leitung eingeschalteten Manometer. Das Manometer war mit einer Chlorcalciumlösung von genau $^1/_{10}$ des Gewichtes des Quecksilbers gefüllt. Die 4. und 5. Rubrik geben die Temperatur des Wassers und der Luft in der Gasuhr. In den beiden letzten Versuchsreihen ist die Temperatur des Wassers notirt, welches den

ganzen Messapparat beständig umgab. Endlich ist noch die Temperatur des Bades, in welchem sich das Thier befand, und in einigen Versuchen auch die Thiertemperatur notirt. In denjenigen Versuchen, in welchen der Stand der genau calibrirten Spirometerglocke vor Beginn und nach Beendigung des Versuches notirt ist (Anfangsablesung — Endablesung), ist die in die Spirometerglocke eingetretene resp. aus derselben entnommene O-Menge vom Gesammtverbrauch abgezogen, bezügl. zu demselben hinzu addirt worden. Wo diese Angaben fehlen, sind nur diejenigen Werthe zur Berechnung des Verbrauches angezogen worden, die einen constanten, sicher auf die Respiration des Thieres zu beziehenden Werth darböten.

Tabellen.

Versuchsreihe vom 29. November 1883.

Versuch I. O-Gehalt der Inspirationsluft 22·0 Procent. Barometer 772·0.
Spirometer II. Anfangsablesung 29·65.
Endablesung 26·75.

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Luft-temperatur.	Temperatur des Bades.	Temperatur des Thieres.
3h 5	23238	12·8	19·8	19·2	38·2	
— 15	398	9·4	19·8		38·2	
— 25	524	9·0	20·0		38·3	
— 35	680	13·3	20·0	19.2	38·3	
— 45	828	10·0				
— 50	894					

Versuch II. O-Gehalt 18·0 Proc. Spirometer I. Anfangsablesung 38·50.
Endablesung 37·95.
3h 52 Umschaltung bei gesperrter Regulation. O-Zutritt beginnt:

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Luft-temperatur.	Temperatur des Bades.	Temperatur des Thieres.
3h 58	23906					
4 6	992					
— 16	24140	9·5	20·0	19·4	38·3	
— 30	366	12·5	20·0			
— 48	610	9·9	20·0			
— 58	761	11·3	20·1		38·2	39·1
5 8	907	8·8	20·2			

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Luft-temperatur.	Temperatur des Bades.	Temperatur des Thieres.
5h 12[1]	25007	9·6	20·2		38·3	
— 17	040					39·35
— 22	116	9·5				
— 32	271	8·9				
— 42	425	10·1	20·2	19·8	38·15	39· 4
— 52	572	11·8				

Versuch III. O-Gehalt 20·0 Procent. Bei Beginn des Versuches O-Zufluss irrthümlich gehemmt. Versuch kommt erst richtig in Gang:

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Luft-temperatur.	Temperatur des Bades.	Temperatur des Thieres.
7h 30	26648	11·8	20·3	20·4	38·4	38·9
— 41	825	11·8	20·3	20·4	38·4	38·9
— 52	979	9·6	20·4	20·6	38·5	38·8
8h 2	27141	13·5	20·4	20·3	38·4	38·9
— 12	264	8·5	20·4	20·3	38·3	38·8
— 22	397					

Versuch IV. O-Gehalt 13·5 Proc. Spirometer I. Anfangsablesung 44·0
Endablesung 37·4

Das Thier athmet herunter bis 8h 38, dann beginnt O-Zutritt:

Zeit.	Stand der Gasuhr	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Luft-temperatur.	Temperatur des Bades.	Temperatur des Thieres.
8h 40	27424	10·9	20·4	20·3	38·3	38·6
— 50	496	8·3	20·5	20·6		
9h 0	589	9·7	20·5	20·6	38·4	39·0
— 10	667	9·2	20·4	20·6		
— 20	762	9·2	20·4	20·5	38·4	38·2
— 30	837	9·1	20·4		38·3	38·1
— 40	866					Thier absterbend.

[1] 1 grm Curare.

3. December.

Versuch I. O-Gehalt 28·8 Proc. Spirometer II. Anfangsablesung 22·00.
Endablesung 33·90.
Barometer 750·8.

Zeit.	Stand der Gasuhr	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Luft-temperatur.	Temperatur des Bades.	Temperatur des Thieres.
12h 42	31162	11·2	17·1	16·7	36·6	38·6
— 52	298	10·2			36·9	38·5
1h 2	428	9·4	17·3	17·0	37.4	38·3
— 12	564	10·0		17·0	37·5	38·5
— 22	692	9·8	17·7	17·2	37·6	38·5
— 32	844	11·8		17·2		38·4

Versuch II. O-Gehalt 17·9. Spirometer I. Anfangsablesung 42·20.
Endablesung ?
Bei gesperrter Regulation athmet das Thier herunter bis etwa 1h 50.

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Luft-temperatur.	Temperatur des Bades.	Temperatur des Thieres.
1h 58	32110	9·4			37·8	38·4
2h 9	235	9·6	18·2	17·5	37·8	38·4
— 19	376	11·8				
— 29	482	9·0	18·2	17·5	37·7	38·4
— 39	608	9·2				38·4
— 49	722	9·2				38·4
— 54	788					

Versuch III. O-Gehalt 18·2. Spirometer II. Anfangsablesung 27·55.
Endablesung 29·95.

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Luft-temperatur.	Temperatur des Bades.	Temperatur des Thieres.
3h 2	32928	9·3	18·4	17·8	37·7	38·3
— 12	33086	10·9			37·7	38·2
— 22	210	9·5	18·6	18·0		38·3
— 32	350	9·7			37·7	38·3 [1]
— 42	486	11·6	18·8	18·2	37·65	38·25
— 52	616	9·5				38·25 [1]
4h 2	740	9·5				
— 12	885	9·5				

[1] 1/2 Spr. Curare.

Versuch IV. O-Gehalt 10·9 Procent. Spirometer Anfangsablesung 42·05.
Endablesung 36·65.
Das Thier athmet bei gesperrter Regulation herunter bis etwa 4^h 23.

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Luft-temperatur.	Temperatur des Bades.	Temperatur des Thieres.
4^h 27	33942	9·7	19·0			
— 38	34090	10·9	19·2	18·9	37·5	38·0
— 47	198	9·5	19·3			
— 57	310	9·5				
5^h 7	425	11·4	19·4	19·0	37·6	37·9
— 17	520	9·5	19·4			
— 30	670	10·6	19·4			37·8
— 40	784	10·5	19·6		37·6	
— 42	814	11·3	19·6			

Versuch V. O-Gehalt 18·5. Spirometer II. Anfangsablesung 27·00.
Endablesung 23·80.

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Luft-temperatur.	Temperatur des Bades.	Temperatur des Thieres.
5^h 43	34814					
— 53	966	9·5	19·7	19·2	37·55	
6^h 3	35085	9·0	19·7	19·2		
— 13	200	6·7	19·8		37.45	37·65
— 28	408	13·4	19·9	19·4		
— 38	523	10·2	20·0	19·4		
— 48	630	9·8	20·0			37·6
— 54	716	9·8				
— 58	756	10·0	20·0		37·4	37·6

Versuch VI. O-Gehalt 29·5 Proc. Spirometer I. Anfangsablesung 20·2.
Endablesung 36·3.

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Luft-temperatur.	Temperatur des Bades.	Temperatur des Thieres.
7^h 9	35188	11·6	20·2			
— 19	313	10·6	20·2		37·3	37·65
— 29	430	10·6	20·2			
— 39	554	12·0				
— 49	664	9·6	20·2		37·3	37·6
8^h 3	872	11·3	20·3		37·3	37·55
— 9	972	12·6				
— 19	36062	11·0	20·3	20·0	37·35	37·6
— 29	188	10·8	20·2			
— 39	308	9·8	20·3	20·0	37.35	37·6
— 43	360	9·6				

28. December.

Kaninchen, 1010 grm schwer, nicht curarisirt, spontan athmend.

Versuch I. O-Gehalt 14·6 Proc. Spirometer I. Anfangsablesung 35·40.
Endablesung 34·95.

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Temperatur des Bades.	Respirations-frequenz.
12h 38	64700	13·0	18·1	37·4	44
— 44	752	13·0	18·1	37·4	
— 54	860	13·2	18·1		
1h 4	960	13·4	18·3	37·65	46
— 14	65064	14·5			
— 24	196		Thier zappelt heftig.		

Versuch II. O-Gehalt 14·5 Proc. Spirometer II. Anfangsablesung 30·00.
Endablesung 26·50.

1h 24 beginnt das Thier herunter zu athmen. Uhr beginnt zu gehen:

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Temperatur des Bades	Respirations-frequenz.
1h 30	65200	15·2	18·4	37·65	44
— 40	313	14·1	18·5	37·55	54
— 45	378				
— 50	415	14·2	18·6	37·6	50
2h —	512	13·7	18·7	37·5	62
— 10	612	13·5	18·8	37·6	54
— 21[1]	715				
— 30	810	14·0	18·8	37·6	60
— 40	909	13·7	18·9	37·6	50
— 50	66007				

Versuch III. O-Gehalt 11·8 Proc. Spirometer I. Anfangsablesung 35·10.
Endablesung 34·70.

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur-	Temperatur des Bades	Respirations-frequenz.
2h 50	66007				
— 52	047	14·2	19·0	37·5	56
3h 2	134				
— 12	236	14·0	19·0	37·6	60 flach.
— 22	345	14·4	19·0	37·6	

[1] 2h 22. Lauge im Inspirationsventil erneuert.

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Temperatur des Bades.	Respirations-frequenz.
— 32	66450	14·0	19·2	37·7	56
— 42	542	13·8	19·0	37·7	
— 52	638	14·0	19·2	37·7	60
4h 2	738	14·0	19·2	37·8	
— 12	845	13·6	19·2	37·7	64 flach.
— 22	946	14·1		37·2	
— 28	67003				

Versuch IV. O-Gehalt 6 Procent. Spirometer II. Anfangsablesung 31·20.
Endablesung 26·20.
Barometer 75·57. Temperatur 19·0.

Beginn des Versuches 4h 28. Das Thier athmet aus dem Spirometer, 4h 36 Uhr beginnt zu gehen, kurzes Zappeln des Thieres.

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Temperatur des Bades.	Respirations-frequenz.
4h 38	67030	14·8	19·2	37·55	56
— 48	116	14·0	19·2	37·65	
— 58	211	14·0	19·4	37·50	
5h 10	323	14·0	19·4	37·60	58 tief
— 18	396	13·6	19·4	37·60	
— 30	496	14·2	19·4	37·4	57
— 38	568	14·0	19·6	37·6	
— 48	650	14·3			

Versuch V. O-Gehalt 17 Procent. Spirometer I. Anfangsablesung 29·90.
Endablesung 34·90.

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Temperatur des Bades.	Respirations-frequenz.
5h 48	67650	12·2			
— 52	790	12·2			
6h 2	893	12·2	19·6	37·6	48 flacher
— 12	68026	16·5	19·7	37·5	
— 22	160	16·1	19·7	37·5	
— 32	276	15·9	19·8	37·5	48
— 42	400	15·0	19·8	37·7	
— 54	530	13·3	49·8		
7h 4	648	14·0	19·8	37·7	

Versuch VI. O-Gehalt wechselnd. Spirometer II.
7 h 4 Beginn des Versuches. Uhr beginnt zu gehen 7 h $10^3/_4$.

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wassertemperatur.	Temperatur des Bades.	Respirationsfrequenz.
7 h 11	68653	13·0	19·6	37·6	60 tief.
— 21	772	11·0	20·0	37·55	
— 31	904	13·0	20·0	37·45	
— 36	962				

7 h 38 80 Ccm **Gas entnommen. O-Gehalt 13·75 Procent.**

7 h 41	69116	13·4	20·0	37·3	56 tief.
— 51	238	15·2	20·0	37·3	56
8 h 1	364	15·5	20·0	37·5	

8 h 4 Lauge im Exspirationsventil erneuert. 80 Ccm Luft eingeblasen.

8 h 14	69418				
— 24	545	15·5	20·0	37·5	
— 34	660	14·5	20·0	37·6	
— 45	800	14·0	20·0	37·6	60 Thier zappelt.
— 54	908	13·5	20·1	37·4	
9 h 9	70093				

9 h 13 99 Ccm **Gas entnommen. O-Gehalt 11 Proc.** Lauge erneuert.

9 h 17	70320	13·0	20·1	37·5	62
— 22	366	11·3	20·1		
— 27	438	12·7	20·1		
— 37	598	14·2	20·2	37·6	

9 h 39 88 Ccm **Stickstoff in den Apparat injicirt.**
Uhr steht. Beginnt zu gehen: 9 h 46.

9 h 47	70635	14·5	20·2	37·5	56 ungleich.
— 57	752	15·0	20·2	37·5	80 Thier zappelt
10 h 7	880	14·6	20·2	37·5	86
— 17	71000	13·0		37·45	
— 23	072	12·8	20·2		

10 h 23 bis $24^1/_2$ 27 Ccm **N injicirt.** $28^1/_2$ beginnt die Uhr zu gehen.

10 h 29	71104	13·9	20·3	37·5	56 Thier zappelt.
— 34	154				
— 40	210	14·6	20·3	37·5	66
— 44	254				
— 50	320				

O-Gehalt 7·7 Procent.

Versuch VII. O-Gehalt 28·8 Proc. Spirometer I. Anfangsablesung 20·00.
Endablesung 34·95.
Beginn des Versuches 10^h 50.

Zeit.	Stand der Gasuhr.	Druck Mm. Hg.	Wasser-temperatur.	Temperatur des Bades.
10^h 55	71618	13·0	20·4	37·5
11^h 5	748	13·0	20·4	37·4
— 17	946	13·9	20·4	37·6
— 27	72118	14·6	20·4	37·6
— 37	272			
— 48	442		Thier zappelt.	

25. Februar 1884.

Kaninchen 1650 grm schwer, curarisirt.

Versuch I. 11^h 24 2 Spritzen Curare. O-Gehalt 16 Proc. Spirometer I.

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
11^h 54	r.	15·5	17·4	38·6
12^h 0·30	l.	16·5	17·8	38·8
— 6·20	r.	15·6	18·0	
— 12·20	l.	13·5	18·0	38·65
— 18·20	r.			
— 24·45	l.		Umschaltung.	

Versuch II. O-Gehalt 15·6 Proc. Spirometer II. Anfangsablesung 29·20.
Endablesung 29·95.

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
12^h 25·10	l.		Oeffnung des Hahnes.	
12^h 29·45	r.	15·5	18·0	
— 37·25	l.	14·0	18·0	39·0
— 44·50	r.	15·0	18·0	38·8
— 51·50	l.	15·0	18·0	38·55
— 58·40	r.	14·0	18·2	38·7
1^h 5·50	l.	15·0	18·2	
— 12·10	r.	13·0	18·2	
— 18·45	l.	15·0	18·2	38·7
— 25·35	r.			
— 32·0	l.		Umschaltung.	

Versuch III. O-Gehalt 16·5 Procent. Spirometer I.

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
1h 32·40	l.	15·0	18·5	38·6
— 37·50	r.	15·0	18·5	
— 44·0	l.	14·5	18·9	38·6
— 47·50	r.	16·0	18·9	
— 54·10	l.	17·0	18·9	38·5
2h 0	r.	16·0	19·0	Thier erhält
— 6·20	l.	16·0	19·0	6/10 Spr. Curare
— 13·0	r.	16·0	19·0	
— 18·30	l.	16·0	19·0	
— 24·35	r.	16·0	19·0	
— 31·10		Umschaltung.		

CO_2-Bestimmung:

20 Ccm ungemischter Lauge . . . . = 7·85.
50 „ Lauge, gemischt mit gleichem Volum ClBa = 6·0.
500 „ ungemischter Lauge . . . . = 196·25.
500 „ gemischter Lauge . . . . = 120·00.

76·25.

CO_2-Ausscheidung pro Minute = 14·39.

Respiratorischer Quotient . . . $= \frac{14·39}{15·36} = 0·936.$

Versuch IV. O-Gehalt 13·3 Proc. Spirometer II. Anfangsablesung 32·55.
Endablesung 29·80.
Beginn des Versuches 2h 31·10. O-Zutritt beginnt:

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
2h 34·50	l.	15·0	19·0	
— 39·0	r.	13·8	19·1	38·1
— 45·45	l.	14·5		
— 52·20	r.	15·5	19·3	38·5
— 59·15	l.	15·0	19.3	
3h 5·50	r.	16·0		
— 12·40	l.	16·5	19·4	38·7
— 19·30	r.		Umschaltung!	

CO_2-Bestimmung verunglückt!

Versuch V. O-Gehalt 16 Procent. Spirometer I.

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
3^h 19·30	r.	16·3	19·4	
— 25·10	l.	16·8	19·4	39·2
— 30·50	r.	15·8		38·8
— 37·40	l.	16·2	19·6	38·8
— 44·10	r.	15·7	19·8	
— 50·10	l.	15·0	19·8	
— 56·25	r.	16·0	19·9	38·8
4^h 3·45	l.	14·1		
— 10·0	r.	14·1	Umschaltung.	

CO_2-Ausscheidung pro Minute . . . = 13·084 Ccm.

Respirator. Quotient $= \frac{13.408}{14 \cdot 26}$ = 0·94.

Versuch VI. O-Gehalt 15 Proc. Spirometer II. Anfangsablesung 34·85.
Endablesung 29·80.

4^h 10·6 Beginn des Versuches. O-Zutritt beginnt:

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
4^h 15·0	r.			
— 22·25	l.	16·3		
— 29·20	r.	14·5	19·9	38·8
— 36·40	l.	16·3	20·0	38·7
— 43·50	r.	15·8		38·5
— 51·30	l.	16·4	19·8	38·65
— 58·37	r.	15·7	19·8	38·7
5^h 6·5	l.	16·2	19·8	38·7
— 13·30	r.		Umschaltung.	

CO_2-Ausscheidung pro Minute . . . = 11·09 Ccm.

Respirator. Quotient $= \frac{11 \cdot 09}{12 \cdot 52}$. = 0·877.

Versuch VII. O-Gehalt 21 Proc. Spirometer I. Anfangsablesung 33·30.
Endablesung 38·35.

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
5^h 13·30	r.	15·5	19·9	38·7
— 16·	l.			
— 23·20	r.	16·2	19·9	38·75

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
5^h 30·57	l.	16·0	19·9	38·75
— 38·07	r.	16·5	19·9	38·75
— 45·43	l.	16·1	20·0	38·8
— 52·53	r.			
6^h 0·21	l.	13·0	20·0	38·7
— 7·30	r.	16·5	20·0	

CO_2-Ausscheidung pro Minute . . = 7·76 Ccm.

Respirator. Quotient $= \frac{7\cdot76}{11\cdot88} = 0\cdot644.$

Versuch VIII. O-gehalt 14.8 Proc. Spirometer II. Anfangsablesung 35·65.
Endablesung 29·95.

Beginn des Versuches 6^h 7·30. O-Zutritt beginnt.

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
6^h 14·0	r.			
— 22·35	l.	16·0		38·5
— 28·50	r.	16·3	20·0	38·5
— 36·40	l.	16·5	20·0	38·7
— 44·15	unterbrochen behufs Neufüllung der Mariotte'schen Flasche.			
— 47·35	r.			
— 50·20	l.	14·0	20·0	
— 59·30	r.	16·5	20·0	38·7
7^h 7·40	l.	16·4	20·0	38·5
— 15·25	r.	16·8	20·0	38·9
— 23·20	l.		Umschaltung.	

CO_2-Ausscheidung pro Minute . . . = 10·70 Ccm.

Respirator. Quotient $= \frac{10.70}{11\cdot78} . . = 0\cdot907.$

Versuch IX. O-Gehalt 21 Proc. Spirometer I. Anfangsablesung 33·30.
Endablesung 38·25.

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
7^h 23·20	l.			
— 25·30	r.			
— 33·12	l.	15·8	20·0	38·6
— 41·15	r.	15·5	20·0	
— 49·40	l.	16·5	20·0	38·7
— 57·55	r.	16·0	20·0	
8^h 6·30	l.	16·5	20·0	38·9

Lauge verloren gegangen.

Versuch X. O-Gehalt 14·8 Procent.
Beginn des Versuches 8^h 6·30. O-Zutritt beginnt:

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
8^h 11	l.	13·0	20·0	38·9
— 23	r.	16·2	20·0	
— 32·30	l.	15·5	20·0	38·8
— 42·10	r.	16·3		
— 52·30	l.	16·4	20.2	38·8
9^h 2·50	r.			

CO_2-Ausscheidung pro Minute . . . = 5·76 Ccm.

Respirator. Quotient $= \frac{5 \cdot 76}{9 \cdot 0}$. = 0·64.

Da die Endablesung am Spirometer fehlte, so wurden der Berechnung des O-Verbrauches nur die Werthe von 8^h 23 bis 9^h 2·50 zu Grunde gelegt.

---

3. März 1884. Kaninchen, 1950 grm schwer, curarisirt.

Versuch I. O-Gehalt 23·5 Proc. Spirometer II. Anfangsablesung 35·2.
Endablesung 30·25.
Barometer 765·5.

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
1^h 56·30	r.	18·0	15·8	38·5
2^h 1·	l.	18·5	15·8	
— 5·10	r.	17·4	15·8	
— 9·45	l.	17·5	15·8	
— 14·20	r.	17·8		38·5
— 19·0	l.	17·6	16·0	
— 24·40	r.	17·5	16·0	
— 28·50	l.	17·7		
— 34·0	r.	17·2	16·2	38·55
— 39·0	l.	17·5	16·2	
— 44·5	r.	17·5	16·2	
— 49·15	l.	Umschaltung.		

CO_2-Ausscheidung pro Minute . . . = 23·93 Ccm.

Respirator. Quotient $= \frac{23 \cdot 93}{20 \cdot 99}$ . . = 1·14.

Versuch: II. O-Gehalt 25·2 Proc. Spirometer I. Anfangsablesung 32·90.
Endablesung 38·55.

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
2h 49·15	l.	18		
— 51·20	r.	16·5	16·4	
— 54·20	l.	17·9	16·4	38·6
— 59·20	r.	17·2	16·5	
3h 3.40	l.	17·2	16·5	
— 8·40	r.	18·0	16·6	
— 13·5	l.	17·5	16·6	38·6
— 18·0	r.	17·5	16·6	
— 22·25	l.	17·3	16·6	
— 27·10	r.	17·4	16·6	
— 31·40	l.	17·8	16·6	38·6
— 36·15	r.	18·0	16·6	
— 41·0	l.		Umschaltung.	

CO_2-Ausscheidung pro Minute . . . = 17·7 Ccm.

Respirator. Quotient $= \frac{17·70}{19·87}$ . . = 0·89.

Versuch III. O-Gehalt 18·7 Proc. Spirometer II. Anfangsablesung 34·50.
Endablesung 31·00.

Beginn des Versuches 3h 41. O-Zutritt beginnt:

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
3h 44·20	l.	18·0	16·6	38·6
— 49·10	r.	18·2	16·6	
— 54·45	l.	17·0	16·6	
— 59·30	r.	16·9	16·6	
4h 4·14	l.	17·7	16·6	38·6[1]
— 9·8	r.	16·7	16·6	
— 14·28	l.	17·5		
— 19·25	r.		Umschaltung.	

CO_2-Ausscheidung pro Minute . . . = 15·27 Ccm.

Respirator. Quotient $= \frac{15·27}{18·36}$ . . = 0·83.

[1] 1 grm Curare.

Versuch IV. O-Gehalt 22·8 Proc. Spirometer I. Anfangsablesung 34·05.
Endablesung 39·00.
Barometer 773·09.

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
4^h 19·25	r.	17·7	16·8	
— 21·10	l.	13·9		
— 26· 4	r.	17·6		
— 35· 0	l.	17·5		
— 36· 0	r.	Mariotte'sche Flasche neu gefüllt.		
— 37·20	l.			
— 38·30	r.			
— 40·18	l.			
— 45· 3	r.	17·4	17·7	
— 49·53	l.	16·8	17·5	
— 54·50	r.	17·2	17·8	
— 59·55	l.	17·1		
5^h 4·40	r.			
— 9·44	l.	Umschaltung.		

CO_2-Ausscheidung pro Minute . . . = 16·65 Ccm.

Respirator. Quotient $= \frac{16 \cdot 65}{20 \cdot 01}$ . . = 0·808.

Versuch V. O-Gehalt 15·3 Proc. Spirometer II. Anfangsablesung 36·35.
Endablesung 30·25.

Beginn des Versuches 5^h 9·44. O-Zutritt beginnt:

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
5^h 14	l.		18·0	
— 20·35	r.	17·40		
— 26·35	l.	17·6	18·1	38·5
— 32·8	r.	17·6		
— 38·0	l.	17·3	18·1	
— 43·44	r.	Umschaltung.		

CO_2-Ausscheidung pro Minute . . . = 14·13 Ccm.

Respirator. Quotient $= \frac{14 \cdot 13}{16 \cdot 49}$ . . = 0·857.

Versuch VI. O-Gehalt 21·2 Proc. Spirometer II. Anfangsablesung 34·90.
Endablesung 38·65.

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
5h 43·44	r.	17·4		
— 45·43	l.	17·10	18·2	
— 49·00	r.	17·0		
— 54·20	l.	17·20	18·3	38·5
— 59·20	r.	17·10		
6h 4·30	l.	17·10	18·5	
— 9·32	r.	17·8		
— 14·38	l.	17·8		

CO_2-Ausscheidung pro Minute . . . = 16·09 Ccm.

Respirator. Quotient $= \frac{16\cdot09}{22\cdot90}$ . . = 0·702.

Versuch VII. O-Gehalt 14·8 Proc. Spirometer II. Anfangsablesung 36·55.
Endablesung 30·45.
Beginn des Versuches 6h 14·38. O-Zutritt beginnt.

Zeit.	Cylinder.	Druck.	Temperatur.	Badtemper.
6h 20	l.	17·8	18·7	38·4
— 26·30	r.	17·6	18·7	38·4
— 32·42	l.	17·2	18·7	
— 38·37	r.	17·6		38·6
— 44·32	l.	17·6	18·7	
— 50·10	r.	17·7		
— 55·50	l.	17·8	18·7	
7h 1·20	r.			

CO_2-Ausscheidung pro Minute . . . = 13·91 Ccm.

Respirator. Quotient $= \frac{13\cdot91}{15\cdot8}$ . . = 0·88.

Ueber die Wirkungen von Ergotin, Ergotinin und Sklerotinsäure auf Blutdruck, Uterusbewegungen und Blutungen.

Von

Max Marckwald
(Kreuznach).

(Aus der speciell-physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts zu Berlin.)

Die Mutterkornpraeparate gehören zu den wichtigsten, ja unentbehrlichen Mitteln unseres Arzneischatzes, wenn es sich darum handelt, Blutungen aus inneren Organen zu stillen, besonders im Bereiche der Genitalsphäre des Weibes, Contractionen der Gebärmutter zu erzielen und für die Fälle von Störungen im Bereiche der vasomotorischen Apparate.

Trotzdem dieselben aber seit mehr als fünfzig Jahren fortwährend Gegenstand chemischer, physiologischer und praktischer Untersuchung zahlreicher Forscher gewesen, hat man bisher vergeblich angestrebt, den wirksamen Bestandtheil des Mutterkorns zu isoliren und krystallinisch darzustellen, somit einen constanten chemischen Körper zu erhalten, dessen Gebrauch sichere und einheitliche Resultate am Krankenbette zu geben im Stande wäre. Aus der Verwendung sehr differenter Praeparate erklärt es sich auch zum Theil, dass noch heute über die physiologischen Haupteigenschaften des Mutterkornes: die Wirkung auf den Blutdruck, auf die Bewegungen der Gebärmutter und auf Blutungen die widersprechendsten Ansichten herrschen. Zum anderen Theil beruhen diese verschiedenen Resultate der Forschung aber darauf, dass die bisher benutzten toxikologischen Methoden nicht genügten, die einzelnen Elemente qualitativ wie quantitativ zu zergliedern. Sehen wir vom Ecbolin und der Ergotsäure ab (Wenzell 1864,[1] Hermann

[1] Wittstein's *Vierteljahrschrift für Pharmacie.* 1864. Bd. XIV.

1869, Ganser 1870),[1] deren Existenz im Mutterkorn von anderen Forschern (Manassewitz,[2] Haudelin,[3] Blumberg[4]) geleugnet und mit Ergotin und Ameisensäure identificirt wurde, ebenso von dem von Dragendorff und Podwissotzky[5] (1876 und 1877) neben der Sklerotinsäure gefundenen Skleromucin, sowie von den verschiedenen Farbstoffen derselben Forscher, dem Sklererythrin, Sklerojodin, Skleroxanthin, Sklerokrystallin, welche alle, als in zu geringer Menge im Mutterkorn enthalten, und auch aus praktischen Gründen therapeutisch nicht verwendet werden, so sind es hauptsächlich drei Praeparate, welche in Frage kommen: 1. Das Extractum sec. corn. aquos, ein von Bonjean[6] schon im Jahre 1841 gewonnener wässriger Auszug des Mutterkorns, den er leider als Ergotin bezeichnete, und mit dem von Wiggers[7] 1831 dargestellten alkoholischen Extracte identificirte, ein Extract, das in Deutschland heute nach der von Wernich[8] gegebenen Vorschrift durch zweimalige Behandlung mit Alkohol und durch Diffusion gereinigt, als Ergotinum dialysatum oder besser Extractum sec. cornut. bis purificatum officinell ist. 2. Ein von Tanret[9] im Jahre 1875 aus dem Mutterkorn dargestelltes, nicht flüchtiges, in feinen weissen Nadeln krystallisirbares Alkaloïd: das Ergotinin. 3. Die von Dragendorff und Podwissotzky[10] (1876 und 1877) gefundene stickstoffhaltige Säure: die Sklerotinsäure.

Das bisher am meisten angewendete Praeparat ist das Extract. sec. corn. aquos. Die Arbeiten über dasselbe sind äusserst zahlreich, meist allgemein bekannt und dem Forscher leicht zugänglich. Daher will ich weder ein ausführliches Litteraturverzeichniss geben, noch eine kritische Sichtung des Materials versuchen.

Wie weit die Ansichten über das Ergotin in physiologischer Beziehung auseinander gehen, erhellt aus folgender kurzen Betrachtung einiger einschlägiger Arbeiten: Eine Reihe Forscher fand nach Einverleibung des Mittels in den Organismus eine Erhöhung des Blutdrucks (so A. Holmes,[11]

[1] *Archiv der Pharmacie.* 1870. S. 144.
[2] Manassewitz bei Haudelin. *Dissertation.* S. 11.
[3] Ein Beitrag zur Kenntniss des Mutterkorns. *Dissertation.* Dorpat 1872.
[4] Ein Beitrag zur Kenntniss der Mutterkornalkaloide. *Dissertation.* Dorpat 1878.
[5] *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmacie.* 1877.
[6] Bonjean, *Traité théorique et pratique de l'Ergot de seigle.* Paris 1845.
[7] *Inquisitio in Sec. corn.* Göttingen 1836. comm. r. p. ornat.
[8] *Berliner Klinische Wochenschrift.* 1874. Nr. 13.
[9] *Rapport de Pharmacie.* 1875. t. III.
[10] *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmacie.* 1877. Bd. VI.
[11] Holmes, *Thèse inaugurale.* Paris 1870.

Vogt,[1] Köhler,[2] Eberty,[3] Wood[4]; eine andere Reihe, wie Haudelin,[5] Boreischa,[6] Hermann und Wernich[7] dagegen eine Erniedrigung des Blutdrucks. — Während Eberty für eine active Verengerung der Arterien plaidirt, glaubt Wernich an eine passive; an eine Verminderung des Tonus der Venen, eine Ueberfüllung derselben mit Blut (besonders im Mesenterium, in Uterus und Blase), so dass das Herz in der Zeiteinheit weniger Blut in die Peripherie pumpe, als im Normalzustande.

Vulpian[8] hält den gefässverengenden Einfluss des Ergotins noch nicht für sicher gestellt, während Brown-Séquard[9] zwei Perioden der Vergiftung mit Ergotin unterscheidet 1. einen vasomotorischen Krampf und 2. eine vasomotorische Paralyse. — Holmes sah in den meisten Fällen zuerst ein Sinken, dann ein allmähliches Steigen des Blutdrucks und schloss aus seinen weiteren Versuchen, dass die Veränderung des arteriellen Drucks nicht abhängig sei von der Wirkung des Gifts auf das Herz. Vogt dagegen sah ein directes Steigen des Blutdrucks, ebenso Eberty und zwar aus centralen Ursachen. Wood erklärt die erste Erscheinung des Abfalles als eine directe Wirkung auf den Herzmuskel; führe man die Drogue allmählich in den Organismus ein (hypoderm.), so trete dieses Sinken nicht ein. Das Steigen des Blutdrucks beruhe auf einer Erregung des vasomotorischen Centrum. Boreischa dagegen, welcher einen entsprechenden Blutdruckabfall constatirt, schloss auf eine vasomotorische Lähmung. Eine Beschleunigung des Pulses fand z. B. Boreischa (bei toxischen Dosen); eine Verlangsamung beobachteten: Bailly,[10] Arnal,[11] Sée,[12] Gibbon,[13] Briesemann,[14] Eberty u. A. — Eberty konnte das Froschherz durch Injection grosser Ergotinmassen in die Bauchvene zum diastolischen Still-

---

[1] Vogt, *Berliner klinische Wochenschrift.* 1872. Nr. 10.

[2] Virchow's *Archiv* u. s. w. 1874. Bd. LX.

[3] Ueber die Wirkung des Mutterkorns auf die Herzthätigkeit und der Blutdruck. *Dissertation.* Halle 1873.

[4] Treatise on Therapeutics. Philadelphia 1873. Im *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1874.

[5] Haudelin, a. a. O.

[6] Boreischa, Arbeiten des pharmacol. Laboratoriums zu Moskau. Schmidt's *Jahrbücher.* Bd. CLXXII.

[7] Virchow's *Archiv* u. s. w. 1872. Bd. LVI. *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1873.

[8] Vulpian, *Leçons sur l'appareil vaso-moteur.* Paris 1875. Bd. II.

[9] Brown-Séquard, *Archives de physiologie.* 1870. p. 434.

[10] *Bulletin général de thérapeutique.* 1870.

[11] *Bulletin de thérapeutique.* 1849. *Juin.*

[12] *Gaz. médic. de Paris.* 1846. (31—33).

[13] *American Journal of medical science.* 1844. *Jan.*

[14] Briesemann, *Dissertation.* Rostock 1869.

stand bringen, welchen er auf Erregung der Vagusendigungen zurückführt. Rossbach[1] sah zwar die Schlagzahl des Ventrikels des Froschherzens abnehmen, diejenige der Vorhöfe aber bestehen bleiben; die Füllung des Ventrikels war eine unvollkommene, die Contraction der einzelnen Herzmuskelfasern geschah nicht gleichzeitig, sondern abwechselnd, nach Art peristaltischer Bewegung. Aehnliches beobachtete Wernich. Während aber Rossbach diese Einwirkung von einem Einflusse des Giftes auf die Musculatur des Herzens ableitete, hielt sie Wernich für einen Einfluss auf das Gefässsystem, Boreischa auf die Herzganglien. — Boreischa glaubte die Beschleunigung der Herzaction nach Ergotingaben theils auf Erregung der Nn. accelerantes, theils auf Lähmung der Hemmungselemente zurückführen zu können. Gleichzeitig paralysire es auch die excitomotorischen Fasern des Herzens.

Dass die Angaben der Autoren über die Wirkung der Mutterkornpraeparate auf die Gebärmutter spärlich und ungenau sind, darf nicht Wunder nehmen — ist doch die Methode messender graphischer Aufzeichnung der Uteruscontractionen jüngsten Datums. Nachdem Schatz sie am Weibe versucht hatte, übte sie Frommel[2] auf H. Kronecker's Vorschlag am Kaninchen, und zeigte, dass die Zusammenziehungen der Gebärmutter spontan rhythmisch erfolgen und dass gewisse Einflüsse die Grösse, Dauer und Frequenz derselben ändern. Ich versuchte, wohl zum ersten Male, Blutdruck und Uteruscontractionen gleichzeitig aufzuschreiben und war hierdurch in den Stand gesetzt zu beobachten, in welcher Weise die Veränderungen der Circulation die Bewegungen der Gebärmutter beeinflussen.

Auch in Bezug auf die allgemein vorausgesetzte haemostatische Wirkung der Mutterkornpraeparate habe ich an Stelle der Theorien das physiologische Experiment gesetzt. Wir wollen nun die physiologischen Wirkungen der aus dem Mutterkorn dargestellten wichtigsten Praeparate betrachten.

Das Ergotinin ist im Mutterkorn nach Tanret's Angabe nur in sehr geringen Mengen vorhanden. Aus einem Kilo frischen Mutterkorns erhält man 1·2 Ergotinin, von dem aber nur $^1/_3$ krystallisirt, $^2/_3$ amorph und unrein bleibt. Gegen das Ergotininum Tanret wurde von Dragendorff und Podwissotzky der Einwand erhoben, dass dasselbe nicht als ein ungemischter Körper anzuerkennen sei; sie fanden Beimengungen von Sklererythrin und Sklerojodin, auch Zersetzungsproducte des ersteren darin, und sprachen die Vermuthung aus, dass die Schwefelsäurereaction, welche Tanret beschreibt, diesen letzterwähnten Beimengungen zuzuschreiben sei. In einem

[1] Rossbach, *Pharmacologische Untersuchungen.* Bd. I. S. 214 ff.

[2] Frommel, *Zeitschrift für Geburtshülfe und Gynaekologie.* 1882. Bd. VIII. S. 205.

späteren Aufsatze suchte Tanret[1] diesen Einwand zu entkräften. Trotz persönlicher Bemühung ist es mir nicht gelungen, das krystallinische Praeparat von Hrn. Tanret zu erhalten. — Die Litteratur über das Ergotinin ist eine sehr spärliche; eine ausführliche physiologische Arbeit über dasselbe existirt bis jetzt nicht. Molé[2] aus Troyes und Chabbazian,[3] Chefarzt der geburtshülflichen Abtheilung des Rotunda-Hospitals zu Dublin, berichten über sehr günstige Erfolge mit diesem Mittel am Krankenbette und zwar besonders gegen Gebärmutterblutungen, bedingt durch Wehenschwäche. Fünf Tropfen der Lösung, (welche auf 1^{grm} Flüssigkeit 0·001 Ergotinin enthält) genügten zur Stillung der Blutung. 15 Tropfen durften ohne Gefahr nicht überschritten werden. Auch wirkten kleine Dosen sicherer als grosse. Chabbazian rühmt im Vergleich zum Ergotins, die weit schnellere, sicherere und constantere Wirkung des Ergotinins auf die Gebärmutter, das Fehlen jeder Art localer Störung bei seiner subcutanen Anwendung, die genügende Wirksamkeit einer sehr kleinen Dosis, den Erfolg bei secundärer Gebärmutterblutung, und empfiehlt es auch prophylaktisch gegen Blutungen post partum. Gosselin hat dagegen bei Blutungen eine höchst inconstante Wirkung des Ergotinins beobachtet. Dujardin-Beaumetz[4] beobachtete, sobald er die Dosis von 0·005 überschritt, stets Koliken und Erbrechen. Die Wirkung auf die Blutung war keine augenblickliche, sondern offenbarte sich erst nach 12 bis 24 Stunden. Nach Budin und Galippe[5] muss man einem grossen Hunde $0{\cdot}08^{grm}$ subcutan injiciren, um eine bemerkenswerthe Wirkung zu erzielen (Erbrechen, Koliken, geringe Temperaturerniedrigung). Bei einem kleinen Hunde erfolgte nach interner Anwendung der Tod erst durch $0{\cdot}105^{grm}$. — Laborde und Peton[6] fanden bei Kaninchen die Dosis 0·01, bei Hunden 0·02 genügend, um Anaemie des Ohres bei dem einen, Erbrechen, Unruhe und Erweiterung der Pupille bei dem anderen zu erzielen. Die vasomotorischen Wirkungen waren sehr wenig ausgeprägt.

Blumberg[7] aus Dorpat hat in seiner Dissertation vom Jahre 1878 einige Experimente mit Ergotininum Tanret angestellt, aus denen hervorging, dass dasselbe bei Fröschen Lähmung der Sensibilität und Motilität zur Folge hatte und nach 10 Minuten der Tod eintrat. In Deutschland

---

[1] *Bulletin général de thérapeutique.* Vol. 93.
[2] *Académie de Médecine.* Séance 21. Août. 1877.
[3] *Journal de Médecine.* 1883. Vol. V. No. 18.
[4] *Bulletin général de thérapeutique.* Vol. 94.
[5] *Societé de biologie.* 1878. 9. Mars.
[6] *Thèse de Paris.* 1878.
[7] A. a. O.

wurde das Ergotinin erst 1883 mehr bekannt, als es Gehe & Co. in Dresden gelang, das, wie sie sagen, äusserst zersetzbare Alkaloïd, welches durch alkalische Reagentien und schon durch eine mässig hohe Temperatur schnell alterirt wird, darzustellen und als Ergotininum citricum in den Handel zu bringen. Dr. Kober[1] aus Strassburg theilt in einem Briefe an Gehe & Co. die Resultate einiger Versuche mit diesem Praeparate an Fröschen, Meerschweinchen und Kaninchen mit, aus denen hervorgeht, dass Kaninchen schon auf Dosen von 0·1^{mgrm} bei Injection in's Blut prompt reagiren, indem nach vorübergehender Reizung des Herzvagus ein Stadium folgt, in welchem der Blutdruck erhöht ist. „Es sei dies von ungemeiner Wichtigkeit, da man schon seit 20 Jahren das Mutterkorn im Verdacht habe, den Blutdruck zu erhöhen und dadurch auf die Gebärmutter zu wirken.“ Bei grösseren Dosen sinkt der Blutdruck der Kaninchen dauernd; es treten stundenlang anhaltende Krämpfe ein und durch Athemlähmung erfolgt der Tod. — Eulenburg[2] wandte das Ergotininum citricum bei Kranken an und fand dasselbe in Gaben von 0·2 bis 0·7 (auch von 1·0^{Mgrm}) bei erwachsenen Personen unschädlich. Die Injection dieser Dosen hat ausser einer mehr oder minder beträchtlichen vorübergehenden Abnahme der Pulsfrequenz und Spannung, so wie öfters auch einer geringen Temperaturerniedrigung von 0·1—0·3° C. (!) keine bemerkbaren physiologischen Wirkungen. Trotzdem meint Eulenburg, dass es zur Abkürzung und Coupirung von Anfällen mit ausgesprochen hyperaemischem, vasoparalytischem Charakter augenscheinlich am wirksamsten sei (!) — ausserdem schien es einen palliativen und symptomatischen Nutzen bei den vasomotorischen Neurosen (Cephalalgien, Neuralgien, Morb. Basedowii u. s. w.) zu gewähren. Auch bei herabgesetzter Leistungsfähigkeit und Tonicität des Sphincter vesicae (Enuresis, Incontinenz aus spinaler Veranlassung) kann durch das Ergotinin eine gewisse Besserung herbeigeführt werden. In den von Eulenburg zu subcutaner Injection benutzten Gaben von 0·2 bis 0·8^{mgrm} war das Mittel vollkommen schmerzlos, hinterliess local keine Störungen und war für den Organismus durchaus unschädlich. — Die Wirkungen des Ergotinins auf die Gebärmutter sind in Deutschland bisher weder physiologisch, noch praktisch geprüft worden.

In neuester Zeit ist dann auch von Bombelon (Neuenahr) ein Ergotininum solutum dargestellt worden, welches ebenfalls 1^{mgrm} Ergotininum auf 1·0^{grm} Lösung enthalten soll.

Ueber die Sklerotinsäure erschien im Jahre 1879 eine sehr gründliche

[1] *Handelsbericht* von Gehe & Comp. April 1883.

[2] *Deutsche medicinische Wochenschrift.* 1883. Nr. 44.

experimentelle Arbeit von Nikitin[1] aus Petersburg, auf Grund deren Verf. zu dem Schlusse gelangt, dass die Sklerotinsäure alle physiologischen und therapeutischen Wirkungen des Mutterkornes besitze und deswegen als dessen wirksamster Bestandtheil angesehen werden müsse. Er fand bei Warmblütern die Reflexerregbarkeit des Rückenmarks herabgesetzt, die Herzthätigkeit, selbst bei verhältnissmässig grossen Gaben unverändert. Der Blutdruck sinkt nach kleinen Gaben vorübergehend, nach grösseren dauernd. Die Athembewegungen werden immer verlangsamt. Die Gebärmutter wird sowohl im trächtigen, wie im nicht trächtigen Zustande zu Contractionen angeregt, vorhandene Contractionen derselben werden verstärkt; nie trat ein Tetanus auf, sondern es entstanden von oben gegen den Ausgang fortschreitende Zusammenziehungen. (Diese Beobachtungen wurden mit blossem Auge gemacht, nachdem die Bauchhöhle geöffnet, mit warmer Kochsalzlösung gefüllt (Concentration?) und durch eine Glasplatte wieder gedeckt war). Hinsichtlich der blutstillenden Wirkung der Sklerotinsäure war Nikitin nicht im Stande directe Beweise für oder wider zu bringen, glaubt aber die von Anderen beobachtete blutstillende Wirkung bei Gebärmutterblutungen durch den Nachweis wissenschaftlich begründet zu haben, dass nach dem Gebrauche des Mittels der Uterus blass und blutleer wird in Folge einer activen Gefässcontraction; die blutstillende Wirkung der Sklerotinsäure bei Lungenblutungen dagegen, könne durch das Sinken des Blutdruckes erklärt werden (!) — Ein Vorzug der Sklerotinsäure vor den anderen Mutterkornpraeparaten bestehe darin, dass sie als Hauptbestandtheil des Mutterkorns, in viel kleineren Dosen zur Erzielung einer guten Wirkung gegeben werden könne, und dass sie, als Pulver an trockener Stelle liegend, beliebig lange aufzubewahren sei. Zur subcutanen Einspritzung tauge aber weder die Sklerotinsäure noch eines ihrer Salze, weil solche Injection zu schmerzhaft sei; am geeignetsten sei der innerliche Gebrauch von sklerotinsaurem Natrium. Stumpf's[2] Erfahrungen im Münchener klinischen Institute über die theils subcutan, theils innerlich verabreichte Sklerotinsäure bei zahlreichen Fällen von Blutungen verschiedener Art sprechen für die Anwendbarkeit, während andererseits Kobert[3] wenig günstig urtheilt und Ganguillet[4] in Bern zu dem Ausspruche gelangt, dass die Sklerotinsäure in der Geburtshülfe keine Zukunft habe. Charles S. Seltzer[5] leugnet ebenfalls auf Grund physiologischer Versuche, dass die Sklerotinsäure die Wirkung des Ergotins

---

[1] Rossbach, *Pharmaceutische Untersuchungen.* 1879. Bd. III.
[2] *Deutsches Archiv für klinische Medicin.* 1879. Bd. XXIV.
[3] *Centralblatt für Gynaekologie.* 1879. Bd. III.
[4] *Archiv für Gynaekologie.* 1880. Bd. XVI.
[5] Wood, *Treatise on therapeutics.* Philadelphia 1883.

repraesentire. Auch Rennert[1] urtheilt ungünstig — Sotschau[2] (Charkow) dagegen zieht Einspritzungen von Acid. scleroticum dem Ergotin vor.

Eine Betrachtung dieses kurzen historischen Ueberblicks rechtfertigt zur Genüge eine erneute sorgsame Prüfung und Vergleichung der drei wesentlichen Mutterkornpraeparate mit den heutigen vervollkommneten Untersuchungsmethoden. Es galt im Folgenden sich hauptsächlich über drei Punkte Klarheit zu verschaffen: 1) Ueber die Wirkung der Mutterkornpraeparate auf den Blutdruck, 2) auf die Gebärmutter und 3) über den haemostatischen Einfluss dieser Mittel, und somit womöglich eine sichere Grundlage für Anwendung derselben in der Praxis zu gewinnen. Untersucht habe ich das Extract. sec. corn. aquos. bis purificatum (sive Ergotin. dialysat.), das Ergotininum Tanret, das Ergotininum citricum (Gehe), das Ergotininum solutum (Bombelon) und das Acidum scleroticum.

Das Extract. sec. corn. wurde stets aus der hiesigen Apotheke des Hrn. Dr. Friedländer bezogen, die drei verschiedenen Ergotininpraeparate direct von den betreffenden Fabrikanten und zwar in einer Lösung, welche stets auf 1,0 Flüssigkeit 0,001 Ergotinin enthielt, da letzteres in krystallinischer Form nicht zu erhalten war. Die Sklerotinsäure war von Witte aus Rostock geliefert, und wurde vor dem Gebrauche in 0,6 °/₀ Kochsalzlösung gelöst und mittels kohlensaurem Natron neutralisirt. Die Versuche wurden an Kaninchen und Hunden beiderlei Geschlechts ausgeführt. — Behufs Aufzeichnung des Blutdruckes wurde die eine Art. carotis des Thieres mit einem Kymographion verbunden, welches endloses Papier bei dem Schwimmer des Blutdruck messenden Quecksilbermanometers vorbeiführte. Die Fuess'sche Modification des Schwimmers gestattete, ein Manometer von etwa 2^{mm} Lumen zu benutzen, so dass selbst bei starker Blutdruckerhöhung nur wenig Blut aus dem Thiere in das mit kohlensaurer Natronlösung (1080 spec. Gewicht) gefüllte Manometerverbindungsrohr übertreten konnte und so die Gerinnung oft stundenlang hintenan gehalten wurden. — Gleichzeitig wurden bei den weiblichen Thieren die spontanen rhythmischen Gebärmuttercontractionen nach dem hier üblichen Verfahren[3] auf einem zweiten, langsam rotirenden Kymographioncylinder mittels einer kleinen Marey'schen Kapsel (Tambour inscripteur) verzeichnet, nachdem die Gebärmutter durch eine grosse Perfusionscanüle im Muttermunde einerseits, und eine Glascanüle in dem entsprechenden Horne andererseits (s. Frommel, a. a. O.) mit 0·6 procentiger Kochsalzlösung von 39° C. mässig gefüllt worden war. — Gebärmutter und Hörner wurden dann zwischen Bauchfell und Bauchdecken zurückgelagert,

---

[1] *Centralblatt für Gynaekologie.* 1880. Bd. IV.

[2] *Ebenda.*

[3] *Dies Archiv.* 1884. S. 90.

während der in Dr. Jastreboff's[1] Arbeit beschriebene Wärmeapparat das Thier auf normaler Temperatur erhielt. Die zu gleicher Zeit aufgezeichneten Blutdruckveränderungen und Uteruscontractionen erlaubten somit einen directen Vergleich des Ablaufes beider Phaenomene vor und nach Einverleibung der Mittel. Die künstliche Athmung der Thiere wurde mittels des von Lamb gebrauchten Kronecker'schen Respirationsapparates (Wassertrommelgebläse mit Schieberhahn) unterhalten, wobei der Wechsel des Respirationsdruckes und in Folge dessen auch der Blutdruck ohne andere Einflüsse sich während des ganzen Erperimentes constant erhielt.[2] In den Fällen, wo der Einfluss der Gifte auf die Athmung studirt werden sollte, wurde die Med. oblong. oberhalb des Athmungscentrums im IV. Ventrikel durchtrennt, und es wurden die Zwerchfellbewegungen mittels des vom Verf.[3] schon früher gebrauchten Zwerchfellhebels auf einen rotirenden Kymographioncylinder verzeichnet. Um über die haemostatische Wirkung der Mutterkornpraeparate einen Aufschluss zu erhalten, benutzte Verf. das von v. Kireeff[4] in diesem Institute ausgebildete Verfahren, die Aenderung des Lumens eines grösseren Gefässes durch methodische, zeitlich gemessene Aderlässe zu bestimmen.

Die Einführung dieser Methode in den Versuchsplan war darum nothwendig, weil, wie v. Kireef gefunden (a. a. O. S. 55), die Geschwindigkeit des Blutflusses sich keineswegs dem Blutdrucke proportional oder auch nur im gleichen Sinne ändert; so erhält man z. B. in Folge der Vagusreizung nachträglich beschleunigten Ausfluss. Reizung der Med. oblong. (Steigen des Blutdruckes), giebt dagegen in den ersten Secunden vermehrtes, darauf aber bedeutend geringeres Ausfliessen, bis nach Aufhören des Reizes. — Ebenso wie durch centrale Einflüsse kann auch durch periphere das Gefässlumen bei gleicher Stromgeschwindigkeit verändert werden und somit die Ausflussmenge; so fand v. Kireef: „dass es das Ausfliessen selbst ist, welches die Contraction des offenen Gefässzweiges veranlasst.“ Nach diesen und anderen Erfahrungen (Mosso), war es also geboten die haemostatische Wirkung der Mutterkornpraeparate durch directe Beobachtung der Blutung zu prüfen, nicht aus Blutdruckversuchen zu schliessen. Es wurde deshalb die eine Art. cruralis bei Hunden möglichst wenig freigelegt und eine Ausflusscanüle in das centrale Ende des durchtrennten Gefässes eingebunden. Die Einzelentleerungen wurden so klein gewählt, dass eine Reihe vergleichbarer Bestimmungen möglich war, ohne im Ganzen mehr als die Hälfte des Gesammt-

---

[1] *Dies Archiv.* 1884. S. 105.

[2] *Dies Archiv.* 1883. S. 32.

[3] Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin. *Dies Archiv.* 1879. S. 592.

[4] *Dies Archiv.* 1883. S. 51.

blutes des Thieres zu entziehen, wobei nach den in Ludwig's physiologischer Anstalt gewonnenen Erfahrungen der Blutdruck im Wesentlichen unverändert bleiben kann. Die Dauer der Blutentleerung wurde auf die gleichzeitig registrirte Blutdruckcurve markirt, so dass man stets das Verhältniss von Ausflussgeschwindigkeit in der Cruralis zum Blutdrucke im Carotidensysteme constatiren konnte. — Der erste Aderlass wurde am unvergifteten Thiere zeitlich bestimmt; der zweite unmittelbar nach Beendigung der Injection des Mittels, der dritte, nachdem die Wirkung des Mittels auf den Blutdruck unmerklich geworden war. Hierdurch konnte die von v. Kireeff beobachtete verlangsamende Wirkung der Aderlässe selbst in Rechnung gezogen werden und die etwaige Giftwirkung unabhängig davon aufgefunden werden.

Mit Ausnahme der Fälle, in welchen die Athmung oder die haemostatische Wirkung studirt werden sollte, wurden die Thiere bis zur Aufhebung der selbständigen Athmung curarisirt, die ersteren während der Operation morphinisirt. Die Mittel wurden in den meisten Fällen durch eine Vena jug. ext. in das Herz gespritzt und zwar in indifferenter Kochsalzlösung vertheilt und so langsam, dass man eine vollkommene Mischung mit dem übrigen venösen Blute vor Eintritt in's Herz annehmen konnte; ein paar Mal auch durch die Art. cruralis centralwärts. Zur Aufzeichnung der Gebärmuttercontractionen eigneten sich am besten Kaninchen vom fünften bis achten Tage nach dem Wurfe; doch wurden auch trächtige und jungfräuliche benutzt. Von den weiblichen Hunden erwiesen sich nur die puerperalen brauchbar, bei den anderen gelang es nicht, die Gebärmutter so mit Flüssigkeit zu füllen, dass die Volumenverminderung ihres Inhaltes aufnotirt werden konnte.

I. Wirkung der Ergotinpraeparate auf den Blutdruck.

Die Wirkung des Extract. sec. corn. auf den Blutdruck ist eine anscheinend sehr complicirte und inconstante. Sie setzt sich in der Regel bei kleinen und mittleren Gaben ($0 \cdot 25$ bis $1 \cdot 0^{\text{grm}}$), ein oder mehrere Mal wiederholt, aus drei Phasen zusammen, einer anfangs schnell vorübergehenden Blutdrucksteigerung, einer oft ziemlich beträchtlichen Blutdrucksenkung und einer darauf folgenden lange andauernden, allmählichen Blutdruckerhöhung. (Fig. 1.) Das Anfangsstadium wird oft unmerklich, zumal bei Kaninchen; das zweite Stadium kann in seltenen Fällen (beim Hunde) ebenfalls unmerklich werden. Das dritte Stadium, welches meistens erst nach Beendigung der Injection beginnt, ist häufig so wenig ausgeprägt, dass es nur wie ein Ausgleich der Giftwirkung erscheint, führt aber doch gewöhnlich zu einer geringen übercompensirenden Blutdruckerhöhung. In seltenen

Fällen tritt aber dieses Stadium so in den Vordergrund, dass es sich zeitlich an Stelle des zweiten Stadiums schiebt und vorherrschend bleibt, ohne dass diese Aenderung etwa von der Grösse der Dosis abhängig erscheint. Die Pulsfrequenz sinkt bei Kaninchen gewöhnlich mit dem Drucke, steigt dann selten über die Norm; bei Hunden steigt die Pulsfrequenz in der Regel, und zwar sowohl, wenn der Druck sinkt, als wenn er steigt, nur zuweilen ändert sich die Pulsfrequenz in gleichem Sinne mit dem Drucke. Als Beispiel diene folgendes Versuchsprotokoll, Tabelle I. Es ist zu beachten, dass bei Hunden häufig ein sehr ausgeprägter Vagus-Tonus besteht,

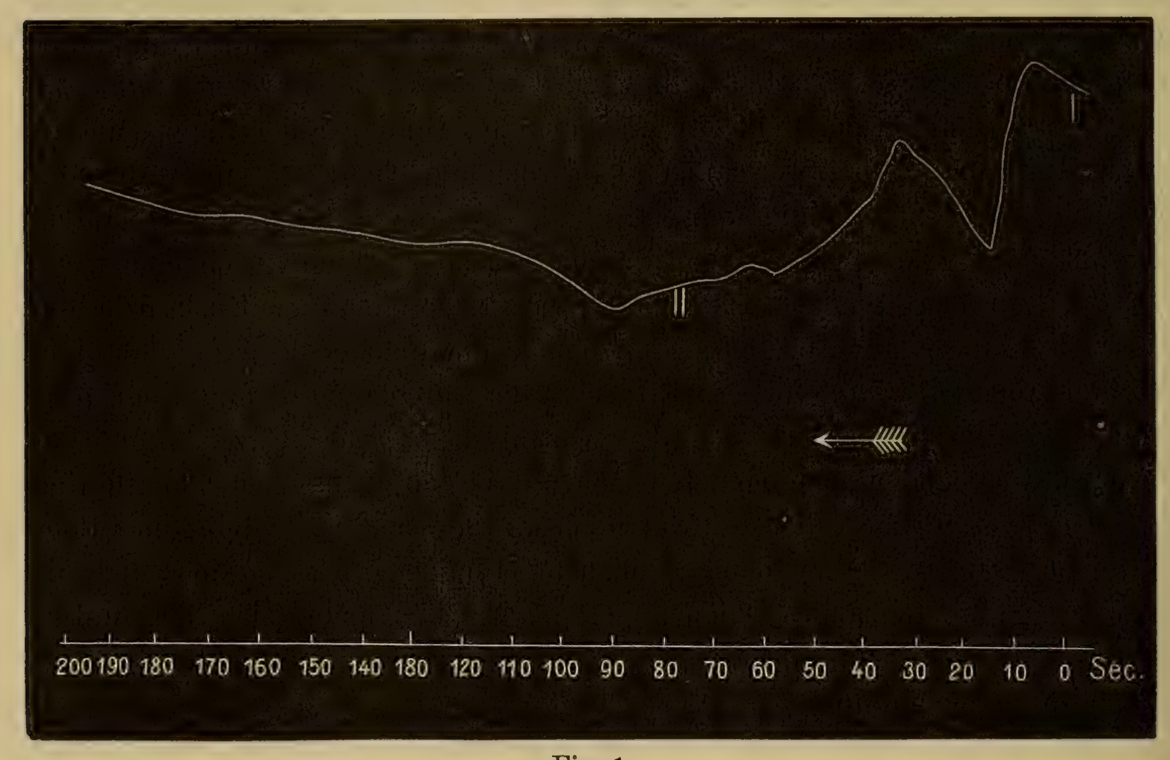


Fig. 1.

Puerperales Kaninchen. Curve des mittleren Blutdrucks (halbe Höhen) während und nach Vergiftung mit 1·0 grm Ergotinum dialysatum (Injection von | bis ||). Die Puls- und Respirationsschwankungen sind fortgelassen. Die Zahlen unter der Abscissenlinie bedeuten Secunden. Die Zeichen | und || an der Curve bezeichnen Anfang und Ende der Giftinjection.

bei Kaninchen nicht; so dass bekanntlich Durchtrennung beider Vagi bei Kaninchen die Pulsfrequenz kaum ändert, bei Hunden sie oft mehr als verdoppelt. Daher werden die atonisirenden Einflüsse wohl beim Hunde, nicht aber beim Kaninchen sich geltend machen können, während die tonisirenden bei Hunden mit starkem Vagus-Tonus weniger merklich werden als bei Kaninchen. — Nach Durchtrennung beider Vagusstämme am Halse fällt die Wirkung des Ergotins auf den Puls in den meisten Fällen weg, in einigen aber (bei Kaninchen) war eine eclatant erregende Wirkung der Herzvagi nach Durchtrennung der Stämme merklich. Elektrische Reizung

Tabelle I.

Kaninchen. Durchtrennung der Med. obl. in der Höhe des Athemcentrums. Blutdruck in der Carotis vor und nach Injection von Ergotinum dialysatum, während künstlicher Athmung und nach Suspension derselben.

Zeit. h.	Min.	Sec.	Höhe des Blutdrucks in Mm. Hg.	Pulsfrequenz in 1 Min.	Bemerkungen.
11	40		12	224	
	42		12	224	Suspension der künstlichen Athmung.
		2	32	228	
	44		30	228	Injection von Ergotinum dialysat.
		40	36		$1 \cdot 8 + 5^{Ccm}$ ClNa Sol. 0·6%.
	45	20	32	178	
	46		28		Künstliche Athmung.
	48		34	198	Suspension der künstlichen Athmung.
		8	70	216	
		48	28		Künstliche Athmung.
		51	20	174	
	50		40	174	Suspension der Athmung.
		8	66	198	
		15	62		Künstliche Athmung.
		17	40	192	
		51	42	192	Injection von Ergotin. dialysatum 1·2.
		15	32		
	52		36	184	Schluss der Injection.
		10	36	184	Suspension der Athmung.
		16	52	186	
		46	14	186	Künstliche Athmung.
	54		34	164	
	55		62	216	Suspension der Athmung.
		6	82	216	
	56		18		Künstliche Athmung.
		20	16		
	59		50	202	Suspension der Athmung. Ergot. dialys. 1·0.
		8	80	186	

der peripheren Vagusenden stellte das Herz, wie gewöhnlich, in Diastole still. Tabelle II mag diese Erscheinungen numerisch darstellen. — War durch grosse, oder sehr häufig wiederholte kleinere Dosen der Blutdruck dauernd stark gesunken, so vermochte auch Durchtrennung der Vagi am Halse ihn nicht mehr, oder nur sehr wenig, zu heben. Nach Abtrennung der Gefässnervencentren in der Med. obl. war in einer Reihe von Fällen keine Einwirkung des Mittels mehr auf den Blutdruck zu sehen; in anderen beobachtete man noch ein Absinken des Blutdruckes, zuweilen nach schnell

Tabelle II.

Kaninchen (leicht morphinisirt). Blutdruck in der Carotis vor und nach Injection von Ergotinum dialysatum. Durchtrennung der Vagi und erneute Injection von Ergotinum dialysatum. Reizung der peripheren Vagi.

Zeit. h. Min. Sec.	Höhe des Blutdrucks in Mm. Hg.	Pulsfrequenz in 1 Min.	Bemerkungen.
11 50	120	200	Injection von Ergotinum dialysatum 2·0.
5	123		
10	78	96	
51	50	124	Schluss der Injection.
52	65	220	
			Durchtrennung der Vagi.
57	118	228	Injection von 1·5 Ergotinum dialysatum.
58	48	120	Schluss der Injection.
10	70		
40	96	230	
12	121		
1	130	216	
07	168	206	Hiernach auf Reiz der peripheren Vagusenden Stillstand des Herzens.

vorübergehender Hebung desselben; nur ausnahmsweise waren alle drei Phasen noch angedeutet. Eine Suspension der künstlichen Athmung vermag während der Ergotineinwirkung den Blutdruck nicht annähernd so zu steigern, wie ohne dieselbe; nach starker Ergotinvergiftung zeigt auch die Asphyxie keinen Einfluss auf den Blutdruck mehr. Die Wirkung des Ergotinum dialys. auf die Athmung ist eine stark beschleunigende. — Es scheint, dass die Thiere sich dem Mittel gegenüber sehr verschieden widerstandsfähig verhalten; auch vertragen Kaninchen dasselbe im Allgemeinen besser als Hunde; bei letzteren geben schon kleine Dosen einen viel eclatanteren Erfolg (Vagustonus?). Dosen bis zu 1·0 haben eine schnell vorübergehende Wirkung und können dieselben gut innerhalb zwei Stunden drei bis vier Mal wiederholt werden. — Selbst bei Dosen bis zu 6·0 ^{grm} in toto wurde eine direct tödtende Wirkung von Ergotin nicht beobachtet; doch ist zu bedenken, dass bei diesen Thieren stets künstliche Athmung unterhalten wurde.

Die drei Ergotininpraeparate wirken in mehr vorwiegendem Grade als Ergotin blutdrucksteigernd, aber auch hier macht sich häufig eine Blutdruck erniedrigende Wirkung geltend. — Der Unterschied der drei Mittel auf den Blutdruck zeigt sich darin, dass bei dem Ergotininum citri-

cum (Gehe) (Fig. 2) die Blutdrucksteigerung reiner ausgeprägt und bedeutender ist, als beim Ergotininum solutum (Bombelon) (Fig. 3), und dort wieder reiner als beim Ergotininum Tanret; letzteres tritt in seiner Wirkung auf den Blutdruck dem Ergotininum dialysatum näher, dessen

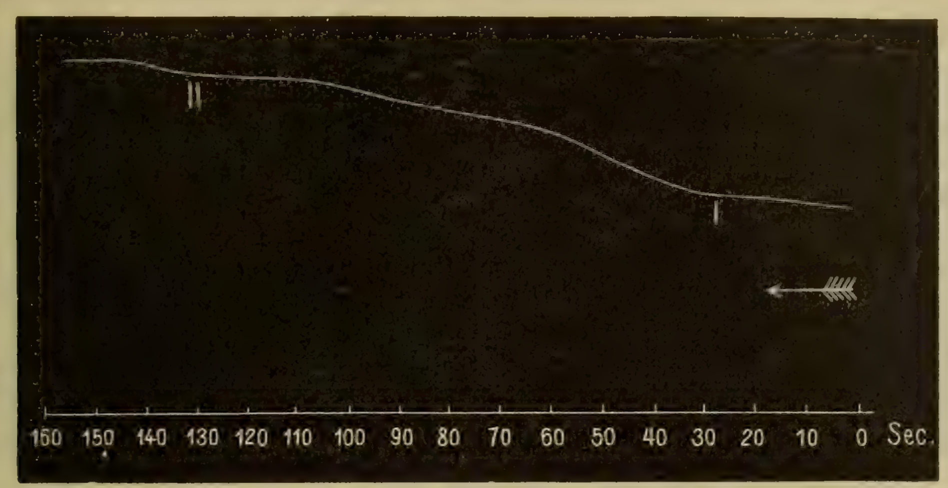


Fig. 2.

Kaninchen. Curve des mittleren Blutdrucks (halbe Höhen) vor, während und nach Injection von 0·25 mgrm Ergotininum citricum (Gehe). Puls- und Respirationsschwankungen fortgelassen. Die Zahlen unter der Abscissenlinie bedeuten Secunden. Die Zeichen | und || an der Curve bezeichnen Anfang und Ende der Giftinjection.

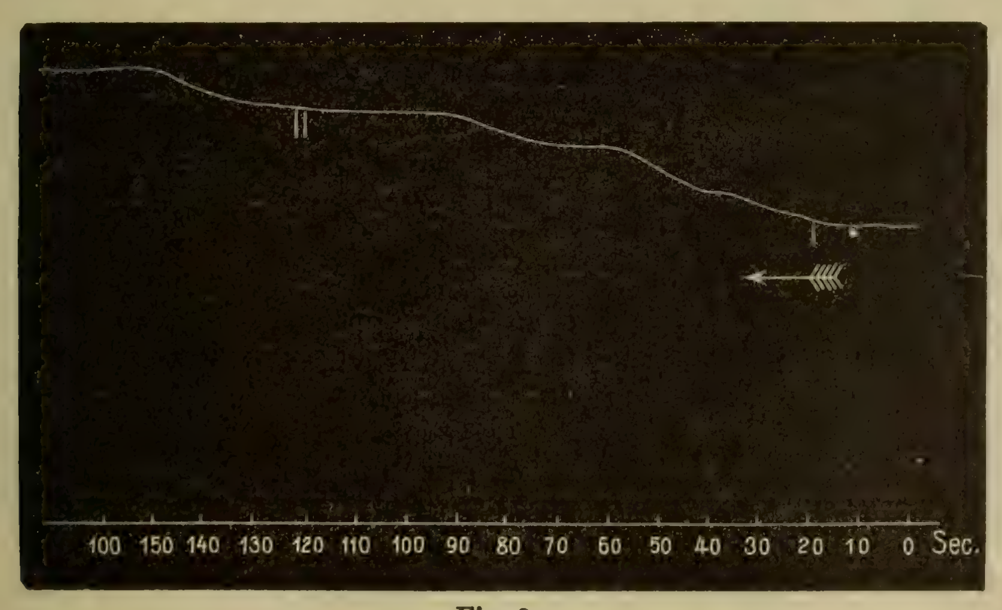


Fig. 3.

Säugende kleine Hündin. Blutdruckscurve (halbe Höhen) vor, während (| — ||) und nach Injection von 1 mgrm Ergotininum Bombelon.

drei Phasen es nicht selten wieder, wenn auch nicht so ausgeprägt, zeigt. Die Pulsfrequenz wird durch diese Praeparate bei Kaninchen so wie bei Hunden gemindert. Bei letzteren kann die Vaguswirkung, zumal bei grossen Dosen, so stark werden, dass hierdurch vorübergehend bedeutende Blutdruck-

erniedrigung erfolgt. Nach Durchtrennung der Vagusstämme am Halse hört diese (central tonisirende) Wirkung des Giftes auf. Solche Vorgänge mögen durch Tabelle III verdeutlicht werden. Nach Abtrennung des

Tabelle III.

Injection von Ergotininum Bombelon in sehr grossen Dosen in die Vena jug. Durchtrennung der Vagi.

Zeit. h.	Min.	Sec.	Höhe des Blutdrucks in Mm. Hg.	Pulsfrequenz in 1 Min.	Bemerkungen.
12			102	210	Injection von 0·005^{grm} Ergotininum Bombel.
		5	106	54	
		15	40	30	
		25	62	48	
	1		56	106	
	2		122	104	
	3		130	104	Injection von 0·002 Ergotininum Bombel.
		10	60	24	
		15		36	
		20	106	66	
		40	108	72	
	4		110		
	10		168	66	Rechter Vagus durchschnitten.
		10	186	96	Linker Vagus durchschnitten.
		15	196	168	
		17	228	168	
		20	250		
		45	236		Injection von 0·003 Ergotininum Bombel.
	11		212	198	
		10	216	198	

Gefässnervencentrums in der Med. obl. vermag Ergotinin nicht mehr den Blutdruck zu erhöhen. Ein Einfluss des Ergotininums auf die Athmung war wenig ausgeprägt; es schien ein wenig verlangsamend auf dieselbe zu wirken. Die Dosirung betrug bei Kaninchen 0·5 bis 2·0^{mgr} mehremal wiederholt, bei Hunden 0·5 bis 5·0, in toto 1·5 bis 10^{mgr}. Die Giftwirkung schien, mit Ausnahme der ganz grossen Dosen (von 3 bis 5^{mgr}), eine wenig intensive und schnell vorübergehend zu sein; aber auch bei den grössten Dosen wurde eine direct tödtende Wirkung des Mittels nicht beobachtet, wobei jedoch immer zu bedenken ist, dass das curarisirte Thier künstlich respirirt wurde.

Die Sklerotinsäure hat im Allgemeinen eine blutdruckerniedrigende Wirkung (Fig. 4); zuweilen (besonders bei Kaninchen, aber auch bei Hunden) (Fig. 5) schiebt sich eine geringe Anfangserhöhung ein. In der Regel ist zugleich die Pulsfrequenz vermindert. In einem Falle war allerdings die Pulsfrequenz erhöht, aber nur für die Zeit der intensiven Giftwirkung. — (Dosirung: 0·1 bis 0·5^{grm} mehrere Mal wiederholt).

Ueberblicken wir nun die Wirkung der drei Mutterkornpraeparate auf den Blutdruck im Grossen und Ganzen, so finden wir für die doppelte und entgegengesetzte Wirkung des Ergotins leicht eine Erklärung. Sowohl das Ergotinin mit seiner wesentlich blutdruckerhöhenden Wirkung, wie die Sklerotinsäure mit ihrer im Allgemeinen blutdruckerniedrigenden

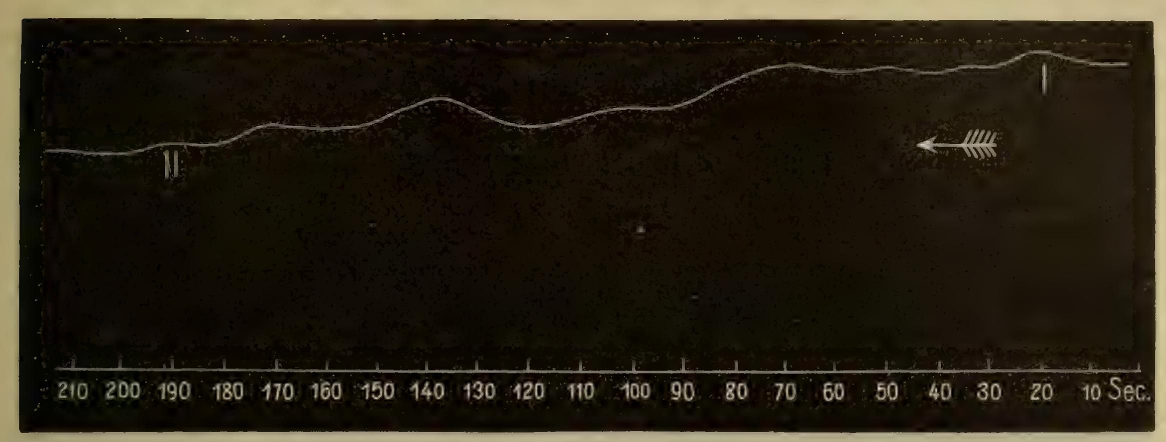


Fig. 4.

Kaninchen. Curve des mittleren Blutdrucks (halbe Höhen). Während der Zeit von Zeichen | bis Zeichen || an der Curve Injection von sklerotinsaurem Natron (entsprechend 0·5 Sklerotinsäure).

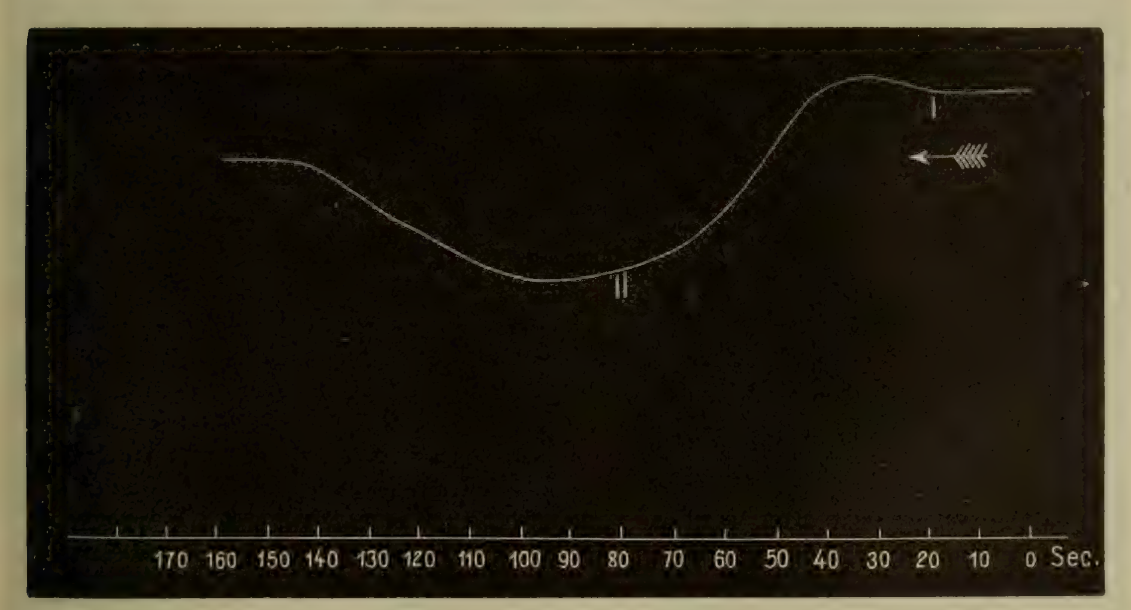


Fig. 5.

Hund. Blutdruckscurve (halbe Höhen) während (von | bis ||) und nach Einspritzung von 0·17 grm sklerotinsaurem Natron.

Eigenschaft, sind Bestandtheile des Extract. sec. corn. aquos. Das Resultat, welches diese beiden im Ergotinum dialysatum in verschiedenen Mengen vereinigten, qualitativ und quantitativ verschieden wirkenden Körper geben, ist jene vorhin geschilderte sowohl blutdruckerhöhende wie blutdruckerniedrigende Wirkung des Ergotins. Die ungleichen Resultate des Ergotininum

Tanret finden vielleicht eine Erklärung in der Angabe von Dragendorff und Podwissotzky, dass sich in demselben Beimengungen von Sklererythrin und Sklerojodin finden, Farbstoffe, welche analog der Sklerotinsäure, nur schwächer als diese wirken sollen.

II. Wirkung der Ergotinpraeparate auf die Bewegungen der Gebärmutter.

Der Einfluss des Ergotin. dialys. und der Sklerotinsäure auf die Gebärmuttercontractionen war ein sehr ausgesprochener und constanter: Es wurden

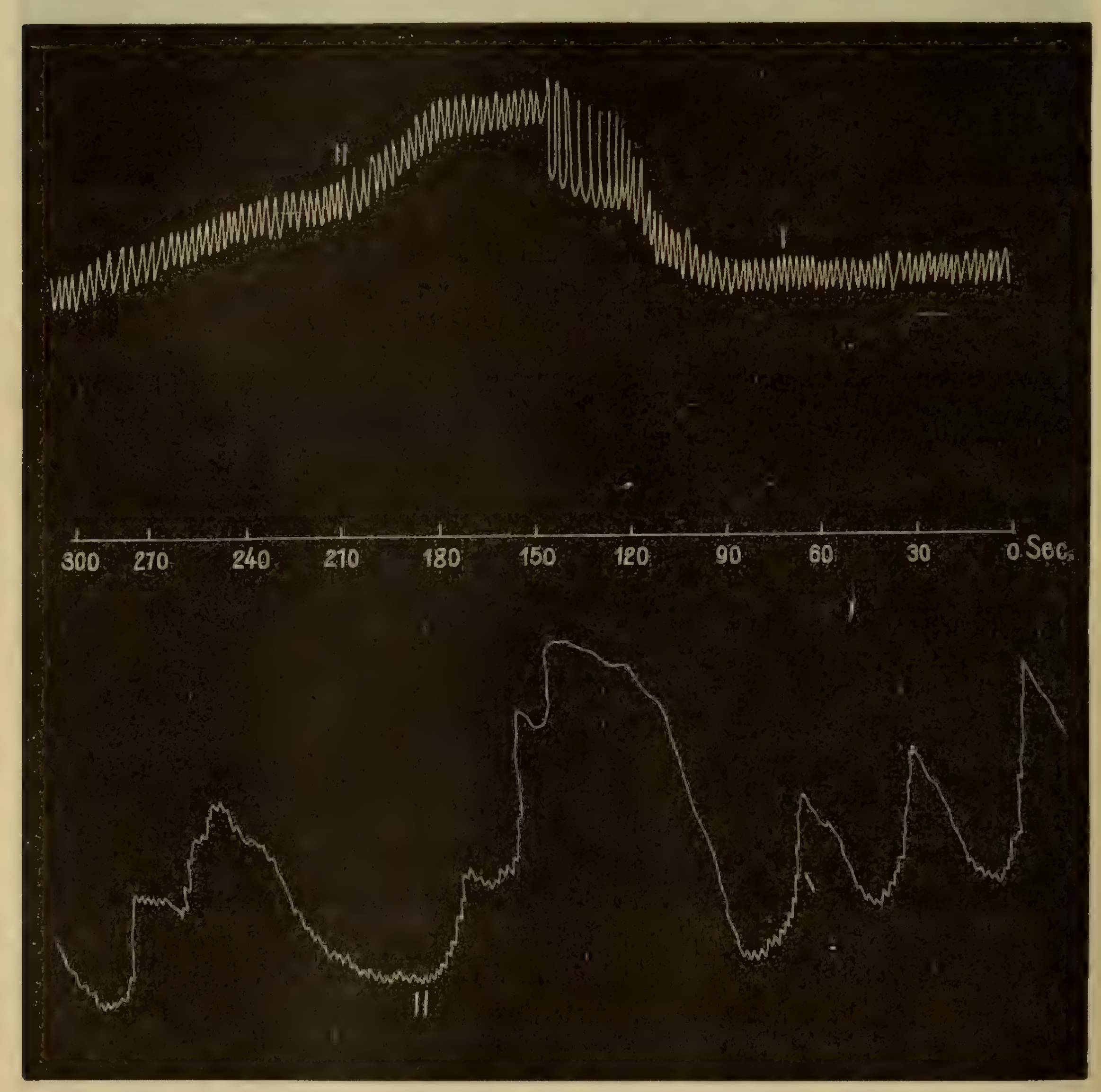


Fig. 6.

Hündin. Die obere Curve stellt den (halben) Blutdruck dar mit Athemschwankungen, die an einer Stelle von tiefen seltenen Vaguspulsen abgelöst werden. Die untere Curve giebt facsimilirt die gleichzeitig aufnotirten Uterusbewegungen wieder, deren Hebungen Contractionen bedeuten. Von Marke | bis Marke || Injection von 1·0 grm Ergotin. dialys.

die spontanen rhythmischen Zusammenziehungen des Uterus enorm verstärkt und verlängert. Einige Secunden nach Beginn der Injection des Mittels und lange bevor dieselbe beendet war, gleichzeitig mit dem Beginne der Blutdruckänderung oder auch schon zuvor, traten lang andauernde, sehr kräftige Zusammenziehungen der Gebärmutter auf, welche an Grösse die vorangegangenen um das Fünffache und mehr übertrafen (Fig. 6); dann wurden oft die vorher unregelmässigen Contractionen regelmässig, tiefer und frequenter; dagegen wurde nie ein wirklicher Tetanus uteri beobachtet, sondern nur, wie auch Nikitin bei der Sklerotinsäure gefunden, eine von oben nach unten fortschreitende Bewegung. Jedoch war diese Wirkung auf die Gebärmutter vorübergehend, ebenso wie die Wirkung des Ergotins und der Sklerotinsäure auf den Blutdruck; eine, zwei bis drei sehr ver-

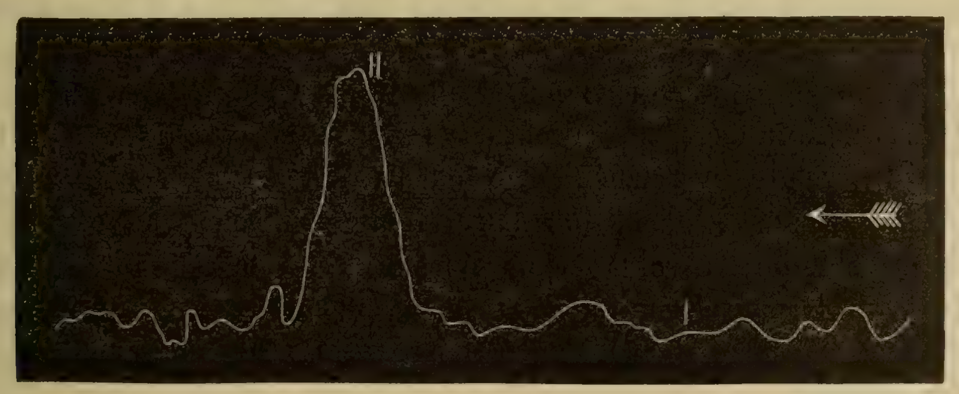


Fig. 7.

Trächtiges Kaninchen. Uterusreizung durch Injection (| — ||) von sklerotinsaurem Natron (0·2 grm Sklerotinsäure).

stärkte, lang andauernde Zusammenziehungen folgten der Einspritzung, dann kehrten die Bewegungen zur Norm zurück (Fig. 7); nur in denjenigen Fällen, in welchen die Frequenz vermehrt und besonders dort, wo die vorher unregelmässigen Contractionen durch die Einverleibung der Mittel regelmässig geworden waren, war die Wirkung auf lange Zeit hin ausgeprägt. Auch nach Abtrennung der Gefässnervencentren in der Med. oblong., welche die spontanen rhythmischen Gebärmuttercontractionen fortbestehen lässt, blieb der Einfluss des Ergotins und der Sklerotinsäure auf die Bewegungen ebenso deutlich, wie bei erhaltener Med. oblong. Die Wirkung derselben zeigte sich ferner nicht allein bei trächtigen Thieren, sondern auch bei jungfräulichen und puerperalen. — In Bezug auf Dauer, Grösse und Verlauf der Contractionen liess sich zwischen den beiden Mitteln kein Unterschied bemerken, ebensowenig bei verschiedenen Gaben des einzelnen Mittels in den mittleren Grenzen (1 bis 2 grm). Es war aber mit absoluter Sicherheit zu entscheiden, dass die Uteruscontractionen unabhängig von der Blutdruckänderung waren. Sie traten erstens, wie schon

erwähnt, unmittelbar nach Einverleibung des Mittels in den Organismus ein, zu einer Zeit, wo die Aenderung des Blutdruckes eben erst anfing sich geltend zu machen; sie zeigten sich weiterhin sowohl im Stadium der Blutdruckerhöhung, wie im Stadium der Blutdrucksenkung, als auch, nachdem die den Blutdruck regulirenden Systeme bereits erschöpft waren, oder wo, wie nach Durchtrennung der Med. oblong., der Einfluss derselben zum grossen Theile ausgeschlossen war. Die durch Anaemie hervorgerufenen sehr verstärkten Gebärmuttercontractionen treten, wie ausserdem Frommel und Jacub[1] gezeigt haben, erst bei sehr vollkommener Anaemie und ferner viel längere Zeit nach Bestehen der Blutleere auf und verschwinden ebenfalls nicht so schnell nach Aufhören derselben. Dass andererseits Blutdruckerhöhung nicht Gebärmuttercontractionen auslöst, beweist weiter, wie wir gleich sehen werden, auch das Ergotinin. Wir müssen somit die den Uterus zusammenziehende Wirkung des Ergotin. dialys. und der Sklerotinsäure auf unmittelbare Erregungen der bewegenden Centren der Gebärmutter zurückführen.

Das Ergotinin dagegen, sowohl das von Tanret wie das von Gehe und Bombelon, zeigte, in welcher Form und Dosis es auch gegeben, bei welchen Zuständen es angewendet, ob bei trächtigen, puerperalen oder jungfräulichen Thieren, absolut keine Wirkung auf die Zusammenziehungen der Gebärmutter, weder auf Grösse, Dauer noch Frequenz oder Rhythmus derselben, trotzdem, wie wir gesehen haben, das Ergotinin den Blutdruck deutlich steigert.

III. Wirkung der Mutterkornpraeparate auf die Blutungen.

Was zum Schlusse die allgemein haemostatische Eigenschaft der drei verschiedenen Mutterkornpraeparate anbelangt, so will ich jetzt noch keine endgiltige Ansicht darüber abgeben, da die Versuche nach dieser Richtung hin noch nicht zahlreich genug sind. Doch glaube ich mit Sicherheit voraussagen zu dürfen, dass der von mir vorgeschlagene und betretene Weg zum Ziele führen wird. Aus den Blutentziehungsversuchen ergab sich vorläufig, dass weder Ergotinum dialys., noch Ergotinin im Stande waren, den Blutfluss in gegebener Zeit zu verlangsamen, während die Sklerotinsäure allerdings eine solche Wirkung hervorbrachte. Mit dem Ergotiningebrauche schien umgekehrt sogar eine gewisse Beschleunigung des Blutausflusses Hand in Hand zu gehen. — Wenn man die Ausflussgeschwindigkeiten in der Zeiteinheit (d. h. die Blutmengen, welche in je einer Secunde ausflossen) untereinander verglich: und zwar diejenigen Mengen, welche vor der Ver-

[1] *Dies Archiv*. 1884. S. 170.

giftung und direct nach der Vergiftung ausflossen, mit denjenigen, welche sich entleerten, ohne dass eine Vergiftung dazwischen lag, so zeigte sich, dass

1) beim Ergotin diese Werthe gleich waren; das Mittel somit keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit des Blutausflusses auszuüben im Stande war. — Es flossen z. B. vor der Vergiftung 4^{Ccm} in 1 Sec., direct nach der Vergiftung $2 \cdot 6^{Ccm}$ in 1 Sec. und später (nach Ausgleich der Wirkung des Mittels auf den Organismus) $0 \cdot 9^{Ccm}$ in 1 Sec. ab. Die Differenzen zwischen erster und zweiter und zwischen zweiter und dritter Blutentziehung verhalten sich somit wie $1 \cdot 5 : 1 \cdot 6$, sind nahezu gleich.

2) Ergab sich, dass beim Ergotinin die Ausflussgeschwindigkeit während der Vergiftung zunahm. Denn vor Einverleibung des Mittels flossen $16 \cdot 4^{Ccm}$ in 1 Sec. ab, direct nach derselben $16 \cdot 6^{Ccm}$, später $14 \cdot 3^{Ccm}$ in 1 Sec. Die Differenzen zwischen erster und zweiter und zwischen zweiter und dritter Blutmenge verhalten sich somit wie $-0 \cdot 2$ zu $+2 \cdot 3$.

3) Bei der Sklerotinsäure flossen z. B. vor Vergiftung 20^{Ccm} in 1 Sec. ab, direct nach Vergiftung $16 \cdot 2^{Ccm}$ in 1 Sec., später $13 \cdot 3^{Ccm}$ in 1 Sec. Die Differenzen verhielten sich demnach, wie $3 \cdot 8 : 2 \cdot 9$ d. h. der Blutausfluss war während der Wirkung des Mittels auf den Organismus verlangsamt.

Fassen wir somit die Resultate zusammen, welche sich aus diesen Untersuchungen ergeben, so kommen wir zu folgenden für die Praxis wichtigen Schlussfolgerungen:

1) Das Ergotinin ist weder zur Erzielung von Gebärmuttercontractionen, noch als blutstillendes Mittel in irgend einer Weise zu gebrauchen.

2) Das Ergotinum dialysatum und die Sklerotinsäure sind in gleicher Weise geeignet, Zusammenziehungen der Gebärmutter hervorzurufen, können daher auch hierdurch Blutungen aus diesem Organe zum Stillstand bringen.

3) Der Sklerotinsäure scheint neben der Blutdruck herabsetzenden eine allgemeine haemostatische Wirkung zuzukommen. Es erscheint demnach die Behauptung Nikitin's gerechtfertigt, dass die Sklerotinsäure ein hauptsächlich wirksamer Bestandtheil des Mutterkorns sei. Trotzdem dieselbe aber bereits in kleineren Dosen, als das Ergotin (zu $0 \cdot 2$ bis $0 \cdot 3^{grm}$) sich wirksam erweist, steht ihrer allgemeinen Verwendung für geburtshülfliche und gynaekologische Zwecke der Umstand hindernd im Wege, dass weder die Sklerotinsäure noch die sklerotinsauren Salze sich zu subcutaner Injection eignen. So wird man denn stets wieder zum Ergotinum dialysatum die Zuflucht nehmen müssen, dessen Wirkung auf die Gebärmutter der Wirkung der Sklerotinsäure gleichkommt. Die Vorwürfe, welche man gegen die subcutane Anwendung des Ergotins früher erhoben, sind heute meist hinfällig. Ein aus zuverlässiger Quelle bezogenes Praeparat, welches doppelt

gereinigt und dialysirt worden, ist gut haltbar und von ziemlich constanter Wirkung. Bei einiger Vorsicht und Reinlichkeit wird man nie Abscesse beobachten. Freilich ist auch beim Ergotin in grösseren Dosen die Schmerzhaftigkeit, wenn auch individuell sehr verschieden, doch häufig nicht unbedeutend; ebenso wie nicht selten local empfindliche Beulen längere Zeit hindurch bestehen bleiben. Zur Minderung aller dieser Uebelstände rathe ich an, das Ergotinum dialysat. rein zu verschreiben und dasselbe erst beim Gebrauche in der Pravaz'schen Spritze zu verdünnen und zwar mit 0·73 % Kochsalzlösung. Die 0·73 % Kochsalzlösung hat nach den soeben veröffentlichten Untersuchungen von Aronsohn[1] diejenige Concentration, welche für die menschlichen Schleimhäute absolut reizlos ist, wogegen destillirtes Wasser die letzteren, wie bekannt, sehr verändert und unter die Haut gebracht, starke Schmerzempfindungen hervorruft. — Bei der Anwendung des Ergotin. dialysat. in dieser Mischung habe ich beobachtet, dass nicht allein die Injectionen weniger schmerzhaft sind, sondern dass auch die Resorption des Mittels vom Unterhautzellgewebe eine viel vollkommenere ist, somit viel seltener Beulen zurückbleiben. Im Allgemeinen wird die für den Menschen wirksame Gabe des Ergotins zu niedrig gegriffen. Für einen längeren Gebrauch, z. B. zur Beförderung der Resorption von Uterusfibroiden, muss die Einzelgabe mindestens $0 \cdot 5^{grm}$ des reinen Ergotins betragen, während zur Stillung von Blutungen $1 \cdot 0$ bis $2 \cdot 0^{grm}$ pro dosi, selbst wiederholt nöthig sind.

Die Experimente zu vorliegender Arbeit wurden in der speciell-physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts zu Berlin, unter Leitung des Hrn. Prof. H. Kronecker, ausgeführt, dem ich für reiche Anregung zu grossem Danke verpflichtet bin.

---

[1] Vergl. *Dies Archiv.* 1884. S. 164.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1883—84.

XV. Sitzung am 30. Mai 1884.[1]

1. Hr. F. Falk berichtet über Fortführungen seiner früheren Versuche über Beziehung der Hautnerven zur Athmung. Er erörtert, welchen Einfluss thermische Reizungen der Haut, Untertauchen und kalte Begiessungen, auf die Respirationsbewegungen erkennen lassen. Er erwähnt dabei u. A., wie gewisse forensische Erfahrungen gegen die Bedeutung der Hautabkühlung für die Auslösung der ersten extra-uterinen Athembewegung sprechen können. Was ferner die wiederbelebende Wirkung kalter Begiessungen betrifft, so können diese bei Asphyktischen nur dann wesentlichen Nutzen erhoffen lassen, wenn sie auf Brust oder besser auf Nacken applicirt werden. Begiessungen auf die Brust wirken, wie Beobachtungen an asphyktisch gemachten Thieren, welchen die Acupuncturnadel in's Herz geführt, lehren, dadurch, dass sie, direct oder durch Vermittelung vasomotorischer Einflüsse, das Herz zu ergiebiger Thätigkeit anregen; in nebensächlicherem Grade tritt Reizung des Zwerchfells hinzu. Die Wirkung auf's Herz ist auch besonders deutlich, je mehr von den Thoraxbedeckungen, Haut, Musculatur, vor den Begiessungen entfernt worden ist.

Begiessungen des Nackens verdienen namentlich Berücksichtigung, indem sie in erster Reihe auf die Athmung einwirken. Sie veranlassen Inspirationen, und auch dies ist um so prägnanter, je mehr von den weichen Schädelbedeckungen zuvor abgelöst worden ist, je intensiver danach der Reiz für das verlängerte Mark wird.

Schliesslich wird auch der Einfluss der Hautnervenreizung bei den Vorgängen des Ertrinkungstodes kurz beleuchtet.

---

[1] Ausgegeben am 27. Juni 1884.

2. Hr. A. Baginski hält den angekündigten Vortrag: „Ueber das Verhalten von Xanthin, Hypoxanthin und Guanin“.

Redner führt aus, dass er im Thee und Theeextract einen Körper gefunden habe, dessen Silbersalz $33 \cdot 6 \%$ Ag enthalte. Derselbe stimme mit dem Silbergehalt des Xanthins, welches $33 \cdot 5 \%$ Ag in seiner salpetersauren Silberverbindung verlange; ein zweiter Körper habe $35 \cdot 4 \%$ Silber enthalten, und das stimme mit dem Silbergehalt des salpetersauren Hypoxanthinsilbersalzes.

Xanthin und Hypoxanthin kommen also im Thee vor.

Bei dem Versuch über die Widerstandsfähigkeit von Xanthin, Hypoxanthin und Guanin gegenüber der Fäulniss, stellte sich heraus, dass das Guanin am schnellsten und ausgiebigsten zerstört werde, am widerstandsfähigsten sei das Hypoxanthin. Nahezu verhielt sich die Zerstörbarkeit der drei Körper Guanin, Xanthin und Hypoxanthin der Reihe nach wie 3:2:1.

Im Stoffwechsel konnte Redner von einer einem Hunde verfütterten Menge von Hypoxanthin Nichts wieder finden. —

Endlich hat Redner in Formen von acuter Nephritis nach Diphtherie und Scharlach eine nicht unerhebliche Vermehrung des Xanthins im Kinderharn gefunden. Während im normalen Harn in 100 Ccm nur 0·003 Xanthin zu finden wären, hat Redner im nephritischen Kinderharn bis 0·028 Xanthin gefunden.

Ein Versuch über die Wirkung des Xanthins auf das Herz liess in demselben ein herzkräftigendes Mittel erkennen.

Nachträge.

1. Hr. Martius demonstrirte am Schlusse der Sitzung vom 14. März d. J. in der speciell-physiologischen Abtheilung des Instituts eine Methode zur absoluten Frequenzbestimmung der Flimmerbewegung auf stroboskopischem Wege.

Nachdem es mir mit Hülfe eines von Hrn. H. Kronecker angegebenen, in du Bois-Reymond's *Archiv*, Jubelband 1883, beschriebenen, einfachen elektromagnetischen Vibrationsstroboskops — des statt mit einer Schreibspitze mit einem Papierblättchen versehenen Pfeil'schen Chronographen — gelungen war, auf sehr bequeme Weise die periodischen Oscillationen des Meniscus eines von unterbrochenen Strömen durchflossenen Capillarelektrometers zu analysiren und in ihrer Frequenz genau zu bestimmen, lag der Gedanke nahe, dieselbe Vorrichtung zu dem Versuch zu benutzen, die bislang unbekannte Frequenz der Flimmerbewegung endgiltig festzustellen. Der Gedanke an sich, dass die stroboskopische Methode eine zeitliche Analyse der Flimmerbewegung ermöglichen werde, ist indess keineswegs neu. Schon Doppler, der bald nach Plateau, und, wie es scheint, unabhängig von diesem, in einer intermittirenden Beleuchtung das Mittel fand, „periodische Bewegungen von ungemeiner Schnelligkeit noch wahrnehmbar zu machen und zu bestimmen“, nennt 1845 unter den periodischen Vorgängen, deren Zeitdauer mit Hülfe der neuen Methode zu messen sein müsse, die Flimmerbewegung. Es muss auffallend erscheinen, dass trotzdem bis heute jede be-

stimmte Angabe über die Frequenz der normalen Flimmerbewegung fehlt. Valentin schätzte dieselbe auf 2—3 Oscillationen in der Secunde. Engelmann wies nach, dass diese Zahlen sicher viel zu niedrig gegriffen seien. Während er selbst in seiner ausgezeichneten und sorgfältigen Monographie „Ueber die Flimmerbewegung“ (Leipzig 1868. S. 22) sagt: „wie schnell das Tempo . . . . bei noch nicht verlangsamter Bewegung sei, lässt sich nicht genau angeben, doch möchte nach einer Schätzung die Schwingungszahl im Maximum mindestens 12 sein,“ drückt er sich in seiner neuesten Bearbeitung der Flimmerbewegung in Hermann's Handbuch der Physiologie, Bd. I, Th. 1, S. 387 noch vorsichtiger und hypothetischer aus: „Die Schwingungen folgen sich (unter normalen Bedingungen) so schnell, dass ein continuirlicher Gesichtseindruck entstehen kann. Wenn sie soweit verlangsamt sind, dass ein Zählen eben möglich, beträgt ihre Frequenz in der Regel immer noch 6—8 in der Secunde, wird also im günstigsten Falle erheblich grösser sein.“ Obgleich also der richtige Weg zur Lösung dieses theoretisch wie praktisch gleich interessanten Problems schon vor nahezu 40 Jahren angegeben ist, so konnte man doch bis heute über eine unsichere Schätzung nicht hinauskommen. Diese auffallende Thatsache weist wohl von vornherein darauf hin, dass die auf so einfacher theoretischer Basis beruhende stroboskopische Methode in ihrer Anwendung gerade auf die Flimmerbewegung ihre eigenthümlichen praktischen Schwierigkeiten haben müsse. In der That finden wir bei Harting (Das Mikroskop. 1866. Bd. II. S. 109) die Mittheilung, dass Dr. A. van Beek schon im Jahre 1845 längere Zeit sich mit dieser Frage beschäftigt hat, ohne zum Ziele zu gelangen. Er benutzte eine mit Löchern versehene Scheibe, der durch ein Räderwerk eine schnell drehende Bewegung gegeben werden konnte. Diese Scheibe kam zwischen die Lichtquelle und den Objecttisch eines horizontal stehenden Mikroskopes. Das beobachtete Object waren Flimmerzellen der Froschzunge. „Aller angewandten Mühe ungeachtet, gelang es doch nicht, die Cilien in solche Ruhe zu bringen, dass sie distinct zu unterscheiden gewesen wären, mag nun die Geschwindigkeit der Flimmerbewegung selbst zu ungleich sein, als dass die Geschwindigkeit der Scheibenumdrehung ihr genau correspondiren könnte, oder mag ein anderer uns unbekannter Umstand an diesem verfehlten Resultate Schuld sein.“ Mach (Optisch-akustische Versuche. 1873. S. 71) meint, dass derartige Versuche wohl noch öfter vorgenommen, ihrer Schwierigkeit wegen aber wieder aufgegeben seien. „Solche negativen Resultate werden dann nur ausnahmsweise bekannt.“

Die Ueberwindung dieser in der That vorhandenen, nicht geringen Schwierigkeiten ist nun auf folgende Weise möglich gewesen. Während bei Anwendung der rotirenden Scheibe die technischen Uebelstände schon bei dem Versuche beginnen, die Zahl der Lichtblitze in der Zeiteinheit innerhalb sehr enger Grenzen einerseits beliebig zu variiren, andererseits wiederum beliebig lange constant zu erhalten, ist bei Anwendung des elektromagnetischen Stroboskops die Lösung dieses Problems von vornherein gegeben. Der schwingende Metallstab des mit dem Stroboskop verbundenen akustischen Stromunterbrechers von Bernstein braucht nur an verschiedenen Stellen festgeklemmt zu werden, um sehr regelmässige Schwingungen des das Licht periodisch vom Object abblendenden Papierblättchens und zwar von jeder beliebigen Frequenz hervorzurufen. Das schwingende Papierblättchen des Stroboskops befindet sich zwischen Lichtquelle und Diaphragma des Mikroskops. Es erwies sich auch bei diesen Versuchen, wie bei denen am Capillarelektrometer, als vortheilhaft, nicht wie ursprünglich versucht

wurde, das Blättchen mit einem Schlitz zu versehen, durch welchen ein Lichtblitz auf das Object fällt, jedesmal, wenn der Schlitz bei den Oscillationen des Blättchens am Diaphragma vorbeischwingt, sondern den periodischen Lichtabschluss durch das ganze unversehrte Blättchen dadurch besorgen zu lassen, dass dasselbe aufwärts schwingend das Diaphragma deckt, abwärts schwingend mit seinem oberen Rande die untere Peripherie desselben überschreitet. Der Vorzug des letzteren Verfahrens erhellt aus folgenden Betrachtungen. Wenn der Schlitz bei der Ruhestellung des Blättchens genau vor dem Mittelpunkt des Diaphragma's sich befindet, so wird das Object bei je einer ganzen Schwingung des Blättchens zweimal beleuchtet. Ist der Schlitz in der Ruhestellung nicht genau vor die Mitte des Diaphragma's eingestellt, sondern befindet sich unterhalb oder oberhalb desselben, dann können die Verhältnisse so liegen, als ob gar kein Schlitz da wäre. Der eine Rand desselben bewirkt, wie der freie Rand des unversehrten Blättchens, den periodischen Lichtabschluss. In diesem Falle aber wird, wie eine leichte Ueberlegung zeigt, bei jeder ganzen Schwingung des Blättchens das Object nur einmal beleuchtet. Da nun bei den starken Vergrösserungen, die die vorliegenden Versuche erfordern, sowie im Interesse eines möglichst vollkommenen periodischen Lichtabschlusses die Anwendung eines sehr engen Diaphragma's geboten ist, so tritt auch bei genauer Einstellung des Schlitzes in der Ruhelage bei den Schwingungen des Blättchens doch leicht eine Verschiebung derart ein, dass der Schlitz lediglich wie der freie Rand wirkt. Man kann daher bei Anwendung des Schlitzes nie von vornherein wissen, ob während einer ganzen Schwingung der Unterbrecherfeder das Object zweimal oder nur einmal blitzartig erleuchtet wird, während man bei Anwendung des freien Randes sicher ist, dass jeder ganzen Schwingung der Unterbrecherfeder ein Beleuchtungsblitz entspricht. Dazu kommt noch ein anderer Vortheil. Während die Beleuchtungsdauer innerhalb jeder Schwingungsphase bei Anwendung des Schlitzes lediglich von der Breite des letzteren abhängt und bei gleichbleibender Schwingungsfrequenz unveränderlich ist, lässt sich dieselbe bei der anderen Einrichtung durch eine einfache Schraubenvorrichtung stets beliebig variiren. Dies geschieht in der Weise, dass man durch eine Stellschraube das ganze Stroboskop und damit das Papierblättchen senkt oder hebt. Je vollkommener nun durch das letztere das Diaphragma in der Ruhelage bedeckt wird, desto kürzer ist die Beleuchtungsdauer. Um nun einen in derselben Periode, wie das Blättchen sich bewegenden Gegenstand ruhig und scharf zu sehen, muss die Beleuchtungsdauer so kurz sein, dass der untersuchte Gegenstand während derselben keinen merklichen Weg zurücklegen kann, damit er immer genau in derselben Lage erblickt wird. Auf der auderen Seite aber nimmt mit zunehmender Kürze der Lichtblitze die Beleuchtungsintensität im Ganzen ab, so dass namentlich bei höheren Frequenzen bald eine Grenze erreicht wird, bei der die Lichtintensität zu schwach wird, um überhaupt die untersuchten Objecte noch deutlich erkennen zu lassen. Hieraus folgt, dass durch die angegebene Schraubenvorrichtung die Möglichkeit gegeben ist, bei jeder gegebenen Oscillationsdauer des stroboskopischen Blättchens ein Optimum der Einstellung zu erreichen, bei der einerseits die Lichtintensität noch genügend gross ist, um die untersuchten Objecte deutlich zu erkennen, andererseits die Beleuchtungsdauer hinreichend klein ist, um ein scharfes Bild des scheinbar ruhenden Gegenstandes zu erhalten.

Bei den ersten Versuchen nun, mit Hülfe dieses Apparates die Flimmerbewegung — und zwar die der Cilien von der Gaumenschleimhaut des Frosches

— zu analysiren, stellte es sich bald heraus, dass es sehr schwer sei, zu einer Ueberzeugung zu gelangen, ob und bei welcher Frequenz des Unterbrechers die Wimpern wirklich ruhig gesehen werden. Einen wesentlichen Theil der Schuld hieran trug offenbar der Umstand, dass es nicht möglich war, während der Beobachtung die Schwingungsfrequenz des stroboskopischen Blättchens zu variiren, um unmittelbar den Uebergang von Interferenzen zur scheinbaren Ruhe wahrnehmen zu können. Die zur Veränderung der Schwingungsfrequenz jedesmal nothwendige Neueinklemmung der Unterbrecherfeder nahm soviel Zeit in Anspruch, während welcher das beobachtende Auge das Mikroskop verlassen musste, dass es nicht recht gelingen wollte, vergleichbare Eindrücke bei je zwei verschiedenen stroboskopischen Frequenzen zu erhalten. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, wurde die Einklemmungsvorrichtung der Unterbrecherfeder derartig abgeändert, dass dieselbe im Ganzen während des Schwingens der Feder an der letzteren verschoben werden konnte, ohne dass diese zu fibriren aufhörte. Auf diese Weise konnte, während das Auge am Mikroskop blieb, durch langsame Verschiebung der Einklemmungsvorrichtung die Frequenz des schwingenden Blättchens ganz allmählich und ganz continuirlich beliebig vermehrt oder vermindert werden. Diese Einrichtung ermöglicht folgende Beobachtung. Man suche durch allmähliche Verschiebung diejenige Einstellung der Unterbrecherfeder, bei der man einen im Profil betrachteten, flimmernden Saum relativ am vollkommensten in Ruhe zu sehen glaubt. Wie bereits bemerkt, ist es mir nicht gelungen, einen flimmernden Saum durch das Stroboskop so zur scheinbaren Ruhe zu bringen, dass ein Bild entsteht, wie bei der wirklichen Ruhe nach völligem Erlöschen der Flimmerbewegung. Einmal treten die durch den stroboskopischen Saum gesehenen Cilien nie in so scharfen Contouren hervor, wie bei der wirklichen Ruhe. Jede einzelne erscheint auch bei den kürzesten, durch unsere Vorrichtung erreichbaren Beleuchtungsblitzen immer noch mehr oder weniger verwaschen. Andererseits bleibt in dem ganzen beobachteten Saume der Eindruck einer gewissen Unruhe zurück, der wohl daher kommt, dass nicht alle gleichzeitig beobachteten Cilien mathematisch genau in derselben Periode schwingen. Hat man also die Schwingungsfrequenz des Stroboskops gefunden, bei der man den beobachteten Saum relativ am ruhigsten zu sehen glaubt, so schiebt man die Einklemmungsvorrichtung ganz allmählich vor, so dass die Schwingungsfrequenz des Stroboskops grösser wird, als die supponirte der beobachteten Cilien. Bald sieht man nunmehr Interferenzen auftreten, die wie langsame dunkele Wellen über den ganzen Saum hinlaufen. Diese werden bei weiterem Vorschieben immer schneller, bis schliesslich der Eindruck entsteht, als flimmere der ganze Saum wieder und werde ohne Stroboskop betrachtet. Bestimmt man die Frequenz des schwingenden Blättchens, bei der dieser Eindruck zuerst auftritt, so findet man genau das Doppelte der Frequenz, bei welcher die Cilien am ruhigsten erschienen. Der Grund dieses Verhaltens liegt auf der Hand. Dadurch, dass jede Cilie, während sie eine ganze Schwingung ausführt, zweimal beleuchtet wird, erscheint sie an zwei verschiedenen Punkten ihrer Bahn, die günstigen Falls an den Endpunkten der letzteren liegen. Wäre nun die periodische Bewegung jeder einzelnen Cilie absolut regelmässig und die aller gleichzeitig beobachteten Cilien durchaus isochron, so würde bei doppelter Frequenz des Stroboskops jede Cilie zweimal und der ganze Saum ruhig gesehen. Da jedoch, wie wir bereits sahen, die Flimmerbewegung im Ganzen an einer gewissen Unregelmässigkeit leidet, so verwischen sich die doppelten Bilder jeder

Cilie etwas und gehen in einander über, so dass annähernd derselbe unruhige Eindruck entsteht, den der flimmernde Saum ohne Stroboskop hervorruft. Jedenfalls lässt sich dieser Kunstgriff der Beobachtung bei doppelter Frequenz des Stroboskops benutzen, um in jedem einzelnen Falle zu einer Ueberzeugung über den wahren Werth der Schwingungszahl einer beobachteten Wimperreihe zu gelangen. Die beiden Beobachtungen der Cilien in scheinbar völliger Thätigkeit und in scheinbar nahezu erreichter Ruhe controliren eben einander und man wird bei unbefangener Beobachtung stets finden, das die Frequenzen des Stroboskops, bei denen sie auftreten, im Verhältniss von 2 zu 1 stehen.

Die auf diesem Wege gewonnenen Resultate nun sind folgende. Als Object diente vorzugsweise die flimmernde Gaumenhaut des Frosches. Ein eben frisch dem lebenden Frosche entnommenes Praeparat lässt schon bei der Durchmusterung ohne Stroboskop erkennen, dass an verschiedenen Stellen sehr verschiedene Frequenzen nebeneinander vorkommen. Am häufigsten und wohl als die Regel in der Norm findet man eine Frequenz, bei welcher die einzelnen Cilien zwar noch zu unterscheiden sind, die Zahl ihrer Schwingungen jedoch ohne die angegebenen Hülfsmittel nicht mehr sich zählen lassen. Diese Frequenz variirt in den Grenzen von 10 bis 14 ganzen Schwingungen in der Secunde und beträgt meist 11 oder 12. Viel seltener sieht man die Flimmerhaare in so schneller Bewegung, dass die einzelnen Härchen — im Profil gesehen — nicht mehr erkennbar sind, sondern der continuirliche Gesichtseindruck eines zarten, überall gleich hohen Schattenstreifs an der Oberfläche des Epithels entsteht. In diesem Falle liegt die Frequenz über 14 in der Secunde, während als äusserste Grenze, die in meinen Beobachtungen nie überschritten wurde, die Frequenz von 16 bis 17 Schwingungen in der Secunde sich ergab. Bei diesen hohen Frequenzen gelingt es sehr schön, ganz langsam ablaufende, stroboskopische Wellen zu sehen, wenn die Schwingungsperiode des Unterbrechers mit der der Cilien nahezu, aber nicht ganz übereinstimmt (am besten, wenn beide etwa um eine Schwingung in der Secunde abweichen). Durch Erwärmen bis auf 40° C. lassen sich diese Frequenzen jederzeit auch bei solchen Praeparaten hervorrufen, die dieselben von vornherein nicht zeigen. Aber auch bei Anwendung der Erwärmung gelang es nicht, höhere Frequenzen, als die angegebenen hervorzubringen.

2. Hr. Cand med. Ed. Aronsohn hielt in der Sitzung vom 28. März 1884 a. G. einen Vortrag: „Ueber elektrische Geruchsempfindung."

Den Olfactorius auf elektrischem Wege zu reizen, haben seit Entdeckung des Galvanismus viele Forscher versucht, von denen Volta, Pfaff, Fowler, A. v. Humboldt, Grapengiesser und I. Rosenthal entweder gar keine oder nur Tast- oder Schmerzempfindungen hatten, Ritter ein Mal einen ammoniakalischen Geruch, Cavallo und Backmann einen fauligen wahrgenommen zu haben behaupten; endlich hat Althaus bei einem Manne mit beiderseitiger Trigeminuslähmung beobachtet, dass bei Application eines gehörig starken constanten Stromes (37 Elemente) auf die Schleimhäute der Nase eine phosphorartige Geruchsempfindung entstand. Mit Ausnahme von I. Rosenthal, der sich die Nase mit Wasser füllte und so den Strom zur Regio olfactoria leitete, haben die genannten anderen Forscher durch Einführen eines Stückes Reissblei und eines Stückes Zink in die Nase den Olfactorius zu reizen versucht. Es wäre überflüssig, die historischen Angaben zu mehren, weil v. Vintschgau in seiner

Physiologie des Geruchs (Hermann's *Handbuch der Physiologie*, Bd. III) eine ausführliche Geschichte der Entwickelung dieser Disciplin gegeben hat. Als ich auf Anregung des Hrn. Prof. Kronecker die Versuche wieder aufzunehmen beschloss, ging ich von den Erfahrungen aus, welche ich gewonnen hatte, als ich im Widerspruche mit dem Weber'schen Lehrsatze: „Riechende Flüssigkeiten mit der Riechschleimhaut in Verbindung gebracht, erzeugen keine Geruchsempfindungen" fand:[1]

1) dass, um reine Geruchsempfindungen zu erhalten, alle die Geruchsauffassung störenden Nebenerscheinungen, also besonders Erregungen der Nasenzweige vom Trigeminus, vermieden werden müssen,

2) dass von den auf den Olfactorius einwirkenden Reizen jedesmal nur geringe Mengen in Anwendung gebracht werden dürfen.

Auf Grund dieser Erwägungen brauchte ich für die elektrische Reizung des N. olfactorius folgende Anordnung: ich fülle die Nase mit einer indifferenten Flüssigkeit und leite durch sie zum Olfactorius einen constanten Strom von geringer Intensität, indem ich die eine Elektrode in die Nase führe, die andere in Form einer grossen mit feuchtem Lederüberzug versehenen Metallscheibe an die Stirn setze.

Als die zum Versuche geeignetste Flüssigkeit durfte ich eine 0·73 procentige auf circa 38° C. erwärmte NaCl-Lösung wählen, da ich nach vielen hierauf bezüglichen Versuchen gefunden hatte, dass eine Chlornatriumlösung, deren Procentgehalt an reinem ClNa zwischen 0.7 und 0·75 liegt, sich so vollkommen indifferent gegen die Geruchsschleimhaut verhält, dass ihre Anwesenheit in der Nase überhaupt nicht gespürt wird.

Da mir daran gelegen war, auch eine bequeme Nasenelektrode anzuwenden, so liess ich an das vordere Ende einer Eichel, wie sie bei der Nasendouche gebraucht wird, ein ziemlich hartes, circa zwei Zoll langes Kautschukröhrchen anbringen, um es recht hoch in die Nase hinaufführen zu können, und durch die Eichel und das Röhrchen einen Platindraht so durchführen, dass das eine Ende bis an das Ende des Kautschukröhrchens reichte, das andere leicht mit der Batterie in Verbindung gesetzt werden konnte. Das hintere Stück der Eichel brachte ich durch ein Kautschukrohr in Verbindung mit einer Flasche, welche die 0·73 procentige auf Körpertemperatur erwärmte NaCl-Lösung enthielt. So konnte durch die Eichel einerseits die Flüssigkeit, andererseits auch der galvanische Strom in die Nase gelangen.

Zur Ausführung meines Plans stellte mir Hr. Dr. E. Remak nicht allein seine trefflichen Apparate bereitwilligst zur Verfügung, sondern unterstützte mich auch während der Ausführung meiner Arbeit mit freundlichem Rath und wirksamer Hülfe. Denn während ich in nach vorn übergebeugter Stellung die Nase mit der Flüssigkeit gefüllt erhielt und — mit der einen Hand die eine, mit der anderen die andere Elektrode haltend — die etwaigen Empfindungserscheinungen beachten und eventuell angeben musste, übernahm Hr. Dr. Remak die Handhabung der Apparate und die Zuleitung der Ströme und richtete es so ein, dass ich weder

[1] *Diese Verhandlungen.* 1882—83. *Dies Archiv*, 1884. S. 163.

wissen konnte, welche Richtung der Strom gerade nehme — ob aufsteigend oder absteigend — noch ob Schliessung oder Oeffnung des Stromes stattfinde.

Was die benutzten Apparate und Hülfsmittel betrifft, so will ich hier nur kurz erwähnen, dass wir den constanten galvanischen Strom aus einer Batterie von 60 Siemens'schen Elementen erhielten, und zwar in gewünschter Stärke durch den Stromwähler, welcher die Einschaltung jedes beliebigen Theiles der genannten Zahl von Elementen gestattet.

Der in den Schliessungsbogen eingeschaltete Stromwender (Commutator) ist so eingerichtet, dass nicht allein Wechsel der Stromrichtung, sondern auch Oeffnung und Schliessung in jeder bestimmten Stromrichtung und Umkehr der Stromrichtung mit Leichtigkeit ausgeführt werden kann. Um ein genaueres Maass für die zur Wirkung kommenden Stromstärken zu gewinnen, als es die Bestimmung der Elementenzahl durch den Stromwähler oder die eingeschalteten Rheostatenwiderstände gewähren, bedienten wir uns eines Galvanometers, der nach sogenannten absoluten Einheiten (Milli-Ampère) eingetheilt ist.

Nach einigen Vorversuchen zur Orientirung über die Wirkungsart elektrischer Ströme auf die Geschmacksnerven, auf den Opticus und Acusticus, schritten wir, nach Einstellung der genannten Hülfsmittel und sorgfältig getroffenen Vorbereitungen, zur elektrischen Reizung des Nervus olfactorius.

Gleich am ersten Versuchstage hatte ich bei Anwendung ziemlich starker Ströme (etwa 6 Elemente, 2 M. A) die lebhafteste Geruchsempfindung, ohne jeden Schmerz und ohne jede Nebenerscheinung. Bestimmte Gesetze der Geruchsempfindung konnten an diesem Tage deshalb nicht constatirt werden, weil die Geruchsauffassung von anhaltenden starken Geschmacksempfindungen gestört wurde, so dass Verwechselungen und falsche Angaben nicht vermieden werden konnten. Denn der Charakter des elektrischen Geruchs ist ähnlich demjenigen des elektrischen Geschmacks — eine Eigenthümlichkeit analoger Wirkung, wie ich sie auch bei vielen anderen Körpern, die zugleich Geruchs- und Geschmacksempfindungen zu erregen vermögen, gefunden habe, und wofür die Erklärung in centralen Erregungen zu suchen sein wird, da erfahrungsgemäss bei Leuten mit Atrophie des Olfactorius auch die feinere Geschmacksempfindung verloren geht, so dass z. B. Chocolade von Zucker nicht unterschieden wird. Die Geschmackserregung kam bei unserem Versuche deshalb zu Stande, weil, der Analogie der Versuchsanordnung bei anderen Sinnesorganen zu Liebe, die zweite indifferente Elektrode in den Nacken gesetzt wurde, so dass starke Stromschleifen auch zu den Geschmaksnerven drangen, welche durch die voraufgegangene directe elektrische Reizung sich noch in einem gewissen Erregungsstadium befanden.

Am zweiten Versuchstage, acht Tage nach dem ersten, an welchem auch die letzte Fehlerquelle vermieden wurde, d. h. die zweite Elektrode nicht mehr in den Nacken, sondern an die Stirne gesetzt wurde, trat nicht allein derselbe charakteristische Geruch wieder wie am ersten Tage auf, sondern Hr. Dr. Remak konnte sogar in den Geruchserscheinungen einen gauz bestimmt formulirbaren Modus erkennen, der jeden Zweifel, ob die Geruchsempfindung von einer directen Reizung des Olfactorius oder von elektrolytischen Processen in der injicirten Flüssigkeit herrühre, ausschliessen musste. Denn so oft wir auch die Versuche wiederholten, es zeigte sich immer, dass die Geruchsempfindung auftrat nur bei Stromschwankungen, also, je nach der Richtung, in der der N. olfactorius durchflossen wurde, — bald bei Schliessung, bald bei Oeffnung des Stromes.

Konnte schon die subjective Empfindung der Geruchsqualität, die von dem Ozongeruch völlig verschieden ist, mir die Ueberzeugung aufdrängen, dass eine wirkliche directe Reizung des Olfactorius durch den galvanischen Strom stattgefunden habe, und nicht eine Erregung der Nervenfasern durch den sich am positiven Pol entwickelnden Sauerstoff — so war nunmehr in der vollkommen gesetzmässigen Weise der Olfactoriusreaction auch der objective Beweis für die erhaltene Thatsache geliefert. Dennoch verfehlte ich nicht auch mit einer unpolarisirbaren Elektrode die Versuche zu wiederholen. Es ergaben sich aber auch jetzt, wenn auch bei viel stärkeren Strömen, entsprechend den bedeutenden Widerständen, welche der mit NaCl und der mit Zinksulfat durchfeuchtete Thon bot, und der geringeren Stromdichte, die durch die unvollkommene Zuleitung bedingt war, alle die Gesetze der Olfactoriuserregung wieder, welche wir schon bei Anwendung der bequemeren Platinelektrode gefunden hatten.

Bezeichnen wir, je nachdem sich die Kathode oder die Anode in der Nase befindet, nach Pflüger den an der Kathode auftretenden nervösen Zustand mit dem Namen des Kathodengeruchs, den an der Anode auftretenden mit demjenigen des Anodengeruchs — so lässt sich das Reactionsgesetz des Olfactorius folgendermaassen aussprechen:

I. Kathodengeruch entsteht nur bei Schliessung der Kette, nicht aber bei der Oeffnung der Kette.

II. Anodengeruch entsteht nur bei der Oeffnung der Kette, nicht aber bei der Schliessung; er ist bei schwachen Strömen nur momentan und fällt bei starken Strömen langsam ab.

III. Der Anodengeruch bei Oeffnung der Kette tritt um so stärker auf, je länger der Strom geschlossen war.

IV. Die der Anode entsprechende Reaction ist ceteris paribus schwächer, als die der Kathode.

V. Anodenöffnungsgeruch wird durch Anodenschliessung sofort zum Verschwinden gebracht.

VI. Sowohl die Kathodenreaction als die Anodenreaction wächst mit der Stärke des Stromes.

VII. Zur Erregung einer Geruchsempfindung reichen schon Stromstärken von 0·1 — 0·2 M. A. aus und zwar erfordert das Minimum des AOG etwa 0.1 M. A. mehr als das Minimum des KSG.

VIII. In gleichem Sinne wie Schliessung des Stromes bei Kathodenreaction wirkt Verstärkung des Stromes (wenn die Kathode sich in der Nase befindet), und wie Oeffnung des Stromes bei Anodenreaction wirkt plötzliche Abschwächung des Stromes (wenn die Anode sich in der Nase befindet).

IX. Noch wirksamer als Schliessung des Stromes bei Kathodenreaction wirken rasch ausgeführte Wendungen des Stromes.

Zum näheren Verständniss über die erhaltenen Resultate will ich nur eins von den aufgeschriebenen Protocollen hier verzeichnen:

0·2 M. A. KSGeruch	KO — AS — AO —
0·3 M. A. KSG	KO — AS — AOGeruch
1·0 M. A. KSG > $^{3-4\ \mathrm{Sec.}}$	KO — AS — AOG
5·0 M. A. KSG ∞ >	KO — AS — AOG >

Bemerken will ich noch, dass es bei richtiger Füllung der Nase gleichgültig ist, ob die indifferente Elektrode an der Stirn oder an der Nase sich befindet; wenn sie aber in der Hand gehalten wird, so tritt neben dem Geruch auch jedesmal Geschmacksempfindung auf.

Die Qualität der Geruchsempfindung hängt nicht von der Stromrichtung ab; die Geruchsqualität zu beschreiben wird mir ebenso schwer, wie einem die Aufgabe gestellt würde, eine von den Grundfarben zu beschreiben. Es ist nämlich ein ganz specifischer und zugleich äusserst prägnanter Geruch, den die elektrische Reizung des Olfactorius hervorbringt und eine Aehnlichkeit mit dem Phosphorgeruch, die ich selbst anfangs vermuthete, ist kaum zu finden.

Der elektrische Geruch konnte von einem Versuchstage bis zum anderen nur schwächer und mit etwas verändertem, mehr unangenehmen Charakter am häufigsten und deutlichsten in der linken Nasenhälfte willkürlich sowohl durch starke Inspirationen als durch Injection der indifferenten Kochsalzlösung hervorgerufen werden, dauerte einige Secunden und nahm dann allmählich ab; roch ich an irgend einem Riechstoff z. B. Terpentin, oder injicirte ich eine riechende Flüssigkeit in die Nase, so war die neue Geruchsempfindung durch den gleichzeitig erwachten elektrischen Geruch etark modificirt, so dass dann nur ein Mischgeruch wahrgenommen werden konnte.

Versuche, die ich in der speciell-physiologischen Abtheilung des physiologischen Institutes unter Leitung des Hrn. Prof. Kronecker anstellte, um den Einfluss zu beobachten, den die in ihrer Frequenz variirenden Unterbrechungen (12 und 18 in der Secunde) eines zum Olfactorius in der oben angegebenen Weise geleiteten constanten Stromes bei veränderlicher Stromstärke und wechselnder Stromrichtung auf die Erregung einer Geruchsempfindung ausüben, haben zu negativen Resultaten geführt. Es waren im Maximum nur drei Daniell'sche Elemente gebraucht und in den Schliessungskreis nach und neben einander ein elektrischer Metronom mit Spülcontact, ein Stromwender (Pohl'sche Wippe) ein Rheochord und Vorreiberschlüssel eingeschaltet.

Auch Inductionsströme, durch Vermittelung des du Bois-Reymond'schen Schlitteninductoriums gewonnen, erzeugen nur Kribbeln oder Schmerz, aber keine Geruchsempfindung.

Dass aber auch diese negativen Resultate für die Richtigkeit der angegebenen Olfactoriusreaction auf elektrische Reize sprechen, beweist der Vergleich mit den Erscheinungen, die man bei den anderen Sinnesnerven, besonders dem Acusticus, erhalten hat. Die Gesetze des Olfactorius stimmen fast vollkommen mit denjenigen des Acusticus überein und somit auch mit den Zuckungsgesetzen, welche Pflüger für die motorischen Nerven aufgestellt hat. Den Vergleich hier im Einzelnen durchzuführen, halte ich für überflüssig. Dagegen will ich nicht unerwähnt lassen, dass ich auch zwei Collegen bewogen habe, sich dem Versuche zu unterziehen. Der eine hat überhaupt nichts gerochen, sondern bei starkem Strome Stechen in der Nase, sonst jedesmal nur Lichterscheinungen gehabt, was darauf hindeutet, dass die Nase nicht ordentlich gefüllt war und der Strom, ohne zur Regio olfactoria zu gelangen, von der Nase durch das Auge zu der Schläfe ging. Der andere Herr hat bei den ersten Versuchen auch keine Geruchsempfindungen bemerkt und erst später machte er ebenso bestimmte wie ganz und gar unseren Gesetzen widersprechende Angaben. Ist aber einerseits auf diese Angaben um so weniger Werth zu legen

als die Prüfung nur an einem Tage vorgenommen wurde, so steht uns andererseits auch hier die bei den anderen Sinnesorganen gemachte Erfahrung zur Seite, dass bei manchen Personen überhaupt alle Versuche, den einen oder den anderen Sinnesnerv zu reizen, missglücken, bei manchen nur bei hinreichender Geduld und Ausdauer seitens der Untersuchten ein Erfolg zu erzielen ist.

Ich schliesse mit den Worten des Begründers elektrischer Versuche am thierischen Körper. In der Vorrede, S. XVIII, zu seinen Untersuchungen über thierische Elektricität sagt du Bois-Reymond:

„Endlich nur mit geringer Zuversicht getraue ich mir zur eigenen thatsächlichen Prüfung meiner Behauptungen aufzufordern, den Versuch als Schiedsrichter anzurufen zwischen dem Vorurtheil und dem Ergebniss der Untersuchung... Es ist hier so viel leichter, verneinende oder zweideutige Antworten zu erhalten, als klar bejahende. Es ist so viel bequemer, für ein Spiel der Einbildung auszugeben, was in Wirklichkeit zu setzen Einem nicht gelingen will.“

XVI. Sitzung am 20. Juni 1884.[1]

Hr. ARTHUR CHRISTIANI hielt den angekündigten Vortrag: „Zur Physiologie des Gehirns“.

Anknüpfend an früher von mir gemachte Mittheilungen[2] über experimentelle Beobachtungen an enthirnten Kaninchen, sei es mir gestattet, einige von mir noch nicht veröffentlichte neuere Befunde am Kaninchen- und am Hundegehirne mitzutheilen, auch eine genauere Beschreibung der von mir beobachteten enthirnten Kaninchen bezüglich des Ausweichens und Ueberwindens von Hindernissen zu geben.

Zunächst möchte ich daran erinnern, dass bei normalen, wie bei enthirnten Thieren Einwirkungen der höheren Sinnesnerven, des Opticus und des Acusticus, auf Herzbewegung und Athmung stattfinden. Man hat zu unterscheiden die Athmung anregende und die Athmung hemmende Nerven und Centren. Zu den inspiratorischen Nerven treten ausser den genannten die Sinnesnerven der Haut und gewisse Fasern des Vagus, zu den Athmung hemmenden nächst den übrigen Vagusfasern die schmerzführenden Nerven, allen voran der Trigeminus.

Von höheren Athmungscentren fand ich in den Basalganglien drei, nämlich:

1) ein Inspirations- und Hauptreflexcentrum am Boden des dritten Ventrikels;

2) ein schon vor mir, von Martin und von Booker[3] beschriebenes Inspirationscentrum auf dem Schnitt zwischen vorderen und hinteren Vierhügeln;

---

[1] Ausgegeben am 27. Juni 1884.

[2] *Monatsberichte der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin.* Februar 1881. S. 213—227.

[3] Johns Hopkins, *University Studies from the biological laboratory Baltimore.* 1879.

3) ein Exspirations- und Hemmungscentrum am Eingange des Aquaeductus Sylvii.

Während die Wirkung auf die Athmung vom Nervus opticus oder vom Inspirationscentrum aus regelmässig in genanntem Sinne erfolgte, war auf elektrische Reizung dieser Stellen die Beeinflussung des Herzens nicht eindeutig: immer zwar sah ich bei genügenden Reizen (ein Daniell, du Bois-Reymond'-sches Schlitteninductorium, gewöhnliche Anordnung, 100 mm Abstand) Stillstand des Herzens und darauf veränderte Schlagfolge; aber bald stand das Herz systolisch, bald diastolisch still und es folgten in ersterem Falle beschleunigte, in letzterem verlangsamte Schläge.

Wenn ich von einem systolischen Stillstande des Herzens spreche, so darf derselbe wohl nicht als ein tetanischer Zustand aufgefasst werden, sondern nur als Ausdruck so schnell aufeinander folgender Impulse, dass zu einer vollständigen Wiederausdehnung des Herzens keine Zeit bleibt.

Auch die Pupillen der Kaninchen wurden, wie ich es schon früher beschrieb, verengert, wenn man nahe den Vierhügeln; erweitert, wenn man mehr nach vorn den Boden des dritten Ventrikels reizte.

Endlich entdeckte ich, vor dem Inspirationscentrum des dritten Ventrikels gelegen, das Coordinationscentrum, d. h. eine circumscripte Stelle, an deren Integrität „die zur Ortsveränderung und zur Erhaltung des Gleichgewichtes beim Sitzen und Stehen nöthige Coordination gebunden" ist[1] und deren Zerstörung sofortige und andauernde Aufhebung des normalen Gebrauches der Gliedmaassen für das Sitzen, Stehen und Gehen zur Folge hat: die vorher des Grosshirnes bis zu den Sehhügeln hin beraubten Thiere nahmen sofort nach der Zerstörung und dauernd die Seitenlage ein, während sie vorher sassen, standen und gingen wie normale Thiere. Als weitere Beobachtung kann ich hinzufügen, dass, auch wenn, einige Zeit nach der Abtragung der Hemisphaeren und der Streifenhügel, das kleine Gehirn total entfernt worden war, die Thiere Erhaltung der Coordinationsfähigkeit zeigten; ihr Gang war allerdings etwas schwankend und ihre Haltung matt, allein sie sassen und gingen doch. Wiederum nahmen auch diese Thiere sofort mit der Zerstörung der genannten Stelle im dritten Ventrikel dauernd die Seitenlage ein. Die immerhin merkliche Beeinträchtigung der Coordination und des Gleichgewichtes bei Kleinhirnentfernung schreibe ich dem Umstande zu, dass bei der Operation venöses Blut, das übrigens sofort zu entfernen ist, die Medulla oblongata benetzt und vergiftet; hierdurch, sowie durch das erforderliche Abtupfen werden natürlich Störungen gesetzt.

Hr. Bechterew, den wir heute als Gast der Gesellschaft unter uns begrüssen, hat ein Jahr nach meiner Mittheilung im Januar 1882 (St. Petersburger med. Wochenschr. Nr. 12 und: „Klinitscheskaja Gazeta") und später im Juliheft des Pflüger'schen Archives von 1883 Versuche unter der Ueberschrift: „Zur Physiologie des Körpergleichgewichtes" veröffentlicht, welche sich auf die Function der centralen grauen Substanz des dritten Ventrikels beziehen. Hr. Bechterew fasst (a. a. O. S. 512—513) seine Beobachtungen folgendermaassen zusammen: „In Berücksichtigung aller Ergebnisse der oben angeführten Versuche an der centralen grauen Substanz des dritten Ventrikels lässt es sich nicht daran zweifeln, dass das in Rede stehende Gebiet des Nervensystemes eine sehr wich-

[1] A. a. O. S. 224.

tige Rolle bezüglich der Erhaltung des Körpergleichgewichts spielt. Die Unversehrtheit desselben bildet eine der unumgänglichen Bedingungen zur regelrechten Ausübung der Function des Körpergleichgewichtes, während die geringste Verletzung irgend eines Abschnittes dieser Region bei den verschiedensten Thierarten deutliche Störungen desselben und verschiedenartige Zwangsbewegungen, begleitet von Ablenkung der Augäpfel, hervorruft, und bilaterale Laesion der Ventrikelwände (bez. Durchtrennung beider Hälften des centralen Höhlengrau's in transversaler Richtung) vollständigen Verlust des Gleichgewichts herbeiführt, indem das Stehen und die Locomotion dem Thiere unmöglich wird."

Da Hr. Bechterew bei sonst sehr genauer Litteraturberücksichtigung meine Mittheilung über die Auffindung des Coordinationscentrums in besagter Gegend am Boden des dritten Ventrikels übersehen hat, so benutze ich diese Gelegenheit, ihn darauf aufmerksam zu machen. Uebrigens hat Hr. Bechterew den Vorzug, mein Coordinationscentrum auch am Hunde und zwar mittels einer originellen Operationsmethode — durch Einstich vom Rachen aus — nachgewiesen zu haben. Auch hat Derselbe Schlüsse über die functionelle Beziehung zwischen Vorgängen in und am Auge und jenem Gleichgewichtserhaltungsorgan zu ziehen nicht verfehlt (a. a. O. 519—524).

Schliesslich giebt Hr. Bechterew (a. a. O. S. 527—530) eine sehr interessante Aufzählung von pathologischen Fällen, darunter einen von ihm selber beobachteten, welche auf das Vorhandensein des Coordinationscentrums (oder wie Hr. Bechterew es nennt, „des Gleichgewichtsorganes") an dieser Stelle auch beim Menschen schliessen lassen. So ist namentlich die von Hrn. Wernicke in seinem Lehrbuche der Gehirnkrankheiten, Bd. II. S. 229 ff., beschriebene „acute haemorrhagische Polyencephalitis superior" in ihrer Verbreitung scharf auf die bezeichnete Gegend begrenzt und hat Störungen der Coordination zur Folge.

Ich kehre nunmehr wieder zur Berichterstattung über meine eigenen Beobachtungen zurück. Während nach Entfernung der Hemisphaeren, vorausgesetzt, dass keine Blutung dabei erfolgte und dass die Thiere nach der Operation entfesselt wurden, die Temperatur derselben in normaler Höhe erhalten blieb, fand ich neuerdings einen Abfall von 3 bis 5 ° C. in der ersten Viertelstunde nach der Exstirpation der Sehhügelcentren, wenn die Thiere diesen gefährlichen Schnitt überhaupt überlebten.[1]

Ferner waren nach der Sectio ante corpora quadrigemina epileptiforme Erstickungskrämpfe durch Trachealunterbindung oder Carotidenverblutung gar nicht oder nur schwach angedeutet zu erhalten; dieselben traten aber nach solchen Eingriffen in gewohnter Weise in Erscheinung bei Thieren, die nur bis zu den Sehhügeln hin enthirnt waren.

Der Einfluss des Grosshirnes bei normalen aufgebundenen Thieren und bei Abhaltung von Sinnesreizen scheint compensirt zu sein; denn wenn man auch nach der Enthirnung bis zu den Sehhügeln hin vorübergehend leichte Vertiefung der Athmung und Pupillenerweiterung ab und zu wahrnimmt, so rührt dies doch wohl nur von dem unvermeidlichen leichten Druck auf die Sehhügel beim Enthirnungsschnitte her.

An einem dreijährigen Hunde konnte ich, da derselbe ungeachtet des starken Blutverlustes bei der Enthirnung bis zu den Sehhügeln hin, noch zwei und eine viertel Stunde lebte, Inspirations- und Exspirationscentrum im dritten Ventrikel

[1] A. a. O. S. 219.

und in den vorderen Vierhügeln, wie beim Kaninchen, beobachten. Reizte ich die vordere Grenze des Sehhügels mechanisch, so winselte der Hund. Auch fanden Schluckbewegungen statt.

Die reflectorische Beweglichkeit der Pupillen und der Augenlider war erhalten, ebenso das Gehör. Ob auch noch Gesichtseindrücke vorhanden waren, konnte ich mit Sicherheit nicht ermitteln. Auf Anruf bewegte der Hund die Augen. Im Uebrigen war wegen des starken Blutverlustes das Coordinationsvermögen aufgehoben. In Uebereinstimmung hiermit zeigte sich auch das Inspirationscentrum des dritten Ventrikels wenig erregbar, ich erhielt, wie bei anämisch gemachten Kaninchen,[1] keinen Inspirationstetanus mehr, sondern nur noch schwach beschleunigte und gleichmässig vertiefte Athmung.

Bis zur Schnittführung durch das Coordinationscentrum, bezüglich bis zur Zerstörung desselben durch Druck oder Ausstanzen konnten, so schrieb ich,[2] die des Grosshirnes und der Streifenhügel beraubten Kaninchen auch spontan[3] in Bewegung gerathen. Gleichviel ob sie durch äussere oder durch innere Reize zur Ortsbewegung angeregt worden waren: die Thiere waren im Stande Hindernissen auszuweichen, auch ohne dieselben zu berühren. Wiederholt habe ich z. B. solche enthirnte Kaninchen im glatten Laufe, d. h. ohne dass sie stolperten und ohne dass sie Pausen für einen Auf- und Abstieg machten, in welchen Pausen sie hätten tasten können, über eine ganz jähe um 10 ^{cm} aus dem Fussboden emporsteigende Marmorplatte (Platte eines Isolirpfeilers im physikalisch-physiologischen Arbeitssaale) hinweglaufen sehen. Ich habe beobachtet, wie enthirnte Kaninchen sich zwischen einen Tischfuss und einen Stuhlfuss hindurch zwängten, oder wie sie sich zwischen den Füssen der Studirenden frei bewegten, als ich gelegentlich einer Vorlesung die Thiere zeigte. Ich habe ferner beobachtet, dass enthirnte Kaninchen sich ganz anders verhalten, je nachdem ich ihnen die Optici unverletzt erhalten oder durchschnitten hatte. Die so völlig blind gemachten Thiere vermieden nicht in gleichem Maasse, wie die anderen, den Sonnenschein, der in das Zimmer fiel und suchten nicht mit Vorliebe dunkle Ecken auf. Um Wärmestrahlung auszuschliessen trugen hierbei die Thiere Stanniolkappen. Ein Kaninchen in einen offenen Korb gesetzt und dann durch Kneifen oder durch Stossen mit einem Stocke gereizt, verliess den Korb in ganz anderer Weise vor, als nach der Durchschneidung der Optici; vor derselben sprang es, ohne Zwangsbewegungen zu zeigen, über die Wand des Korbes fort, nach der Durchschneidung gelang ihm dieses nicht eher, als bis es die Wand mit den Vorderfüssen erklettert hatte. Ein anderes enthirntes Kaninchen mit intacten Opticis sprang auf Reizung durch Kneifen des Schwanzes über den Tisch,

---

[1] A. a. O. S. 215.

[2] A. a. O. S. 223.

[3] Unter „spontan" verstehe ich, wie aus der Vergleichung von Zeile 11 mit Zeile 23 (von oben) auf S. 224 meiner Abhandlung hervorgeht, soviel wie „von selbst" oder was dasselbe: „ohne äussere Anregung". Nicht aber wie Hr. H. Munk in seinen Angriffen gegen meine Arbeit (*Sitzungsberichte der Königl. Akademie zu Berlin.* 8. Mai 1884. S. 557, 558 u. 566) annimmt, setze ich „spontan" gleich „willkürlich". Der Ausdruck „willkürlich" kommt in dem ganzen in Rede stehenden zweiten Theile meiner Arbeit ebensowenig vor, wie darin die Angabe enthalten ist, dass die enthirnten Thiere so sehen können, wie die normalen. Ueberhaupt kommt auch das Wort: „sehen" bei mir gar nicht vor. Allerdings glaube ich, dass die Thiere optische Eindrücke erhalten und zweckmässig reflectorisch verwerthen.

auf welchem es sass, fortlaufend auf einen benachbarten Tisch, auf dem es dann sitzen blieb: die übersprungene Kluft hatte etwa einen halben Meter Breite.

Man kann andererseits auch enthirnte Thiere bei intacten Opticis mit dem Kopf gegen die Wand rennen oder vielfach gegen Hindernisse stossen sehen. Das sind aber entweder nachweisbar schlecht operirte oder sonst verunglückte Fälle, mit Zwangsstellungen oder Zwangsbewegungen, unter denen namentlich auch ein Vorwärtsstürzen als besonders auffallend zu erwähnen ist, welches nicht selten bei Nachblutungen, vor allen Dingen aber dann auftritt, wenn vom Corpus striatum grössere Reste stehen geblieben, also der von mir neuerdings[1] beschriebene Enthirnungsschnitt incorrect ausgefallen war;[2] oder es handelt sich um gut operirte, auch bestgelungene Fälle, die aber durch zu häufig wiederholte Reizungen in der ersten Zeit nach der Operation, namentlich durch Kneifen in den Schwanz, wobei heftige Exspirationsschreie, venöse Stauung und Blutung auftreten, nachweislich zu üblen Beobachtungsobjecten umgeschlagen sind.

Endlich stossen auch wohl geradezu „bestgelungene Fälle" hin und wieder an Hindernisse, wie solches ja auch dem in Gedanken versunkenen Spaziergänger, dem gehetzten Hunde, dem gehetzten Kaninchen, dem durchgehenden Pferde u. s. w. und zwar Allen, obwohl sie nicht enthirnt und nicht blind sind, passirt. Dass dies bei gehetzten im übrigen normalen, nicht enthirnten Kaninchen vorkommt, davon habe ich mich durch besonders darauf hin angestellte Versuche überzeugt. So blieb z. B. ein solches Thier, anstatt sie zu umgehen oder zwischen ihnen hindurchzuschlüpfen, gerade mit der Schnauze vor meinen ihm entgegengesetzten Füssen stehen. Ich will die weitere Aufzählung solcher Beobachtungen hier unterlassen. Nur eine Notiz aus Brehm's 'Thierleben' möchte ich noch anführen: „Lenz that einmal fünf sehr zahme Kaninchen zusammen in einen Stall, aus welchem soeben ein Fuchs genommen worden war. Sobald er sie losliess, waren alle wie rasend und rannten mit den Köpfen geradezu an die Wand."[3]

Nun die enthirnten Kaninchen sind, wie ich mitgetheilt habe,[4] einerseits merklich überempfindlich, andererseits ermüden sie schnell; sie befinden sich ausserdem mit ihren Retinis meist in circulatorisch veränderten Verhältnissen u. s. w.; kein Wunder also, dass sie, wenn sie dabei noch gereizt werden, nicht unter allen Umständen und nicht jedes Mal Hindernissen so geschickt ausweichen, und solche so elegant überwinden, wie ich es unzweifelhaft und **in Gegenwart von glaubwürdigsten Zeugen** wiederholt beobachtet habe, und zwar eben im Ganzen so häufig und unter so überzeugenden Umständen,

---

[1] *Sitzungsberichte der Akademie.* 1884. S. 636.

[2] Hr. Munk sagt (a. a. O. S. 550) „Zum Schlusse trennt man mit dem Messer die Grosshirnhemisphaeren vom übrigen Hirne ab, dicht vor den Thalami optici oder ein wenig weiter nach vorn — darauf kommt es für die Zwecke der vorliegenden Untersuchung nicht besonders an. Ich habe in der Regel unmittelbar vor den sichtbaren vorderen Rändern der Thalami optici einen Frontalschnitt etwas schief nach vorn und unten bis zur Schädelbasis geführt, so dass das Messer auf das hintere Ende der vorderen Schädelgrube stiess."

Nun bei meinen Versuchen beobachtete ich, wie gesagt, dass es gerade recht sehr darauf ankam, dass von den Streifenkörpern nicht grössere Fetzen stehen blieben.

[3] *Brehm's Thierleben.* 1877. Bd. II. S. 480.

[4] A. a. O. S. 224.

Hr. Heidenhain konnte durch Knipsen mit den Fingernägeln die Ohren eines von mir enthirnten Kaninchens zum Zucken bringen (März 1881).

dass ich mich, ich sage nicht zu dem „Schlusse",[1] sondern zu der Aussage berechtigt sah und noch sehe: enthirnte Kaninchen können Hindernissen ausweichen, auch ohne dass der Zufall sein Spiel treibt und auch ohne dass sie dieselben berühren; sie können Anhöhen erspringen und erklettern, auch ohne zu stolpern u. s. w.

Die anderen beiden Theile des Vortrages, in denen die Frage von der Localisation der Sehfunction historisch-kritisch und die functionellen Beziehungen des Grosshirnes zu den Basalganglien theoretisch behandelt wurden, können, weil sie zu umfangreich und dabei nicht gut abkürzbar sind, an dieser Stelle nicht wiedergegeben werden.

Die im vorstehenden Vortrage mitgetheilten Thatsachen über das Ausweichen enthirnter Thiere vor Hindernissen u. s. w., im Vereine mit der Mittheilung, welche ich am 29. Mai d. J. der königl. Akademie einsandte,[1] darf ich vor der wissenschaftlichen Welt als vollständige, sachliche Widerlegung des von Hrn. H. Munk gegen meine Arbeit vom Jahre 1881 gerichteten Angriffes ansehen.

XVII. Sitzung am 4. Juli 1884.[2]

Hr. Hermann Munk sprach: „Ueber Grosshirn-Exstirpation beim Kaninchen".

M. H., meine heutige Mittheilung ist durch den Vortrag veranlasst, mit welchem Hr. Christiani die letzte Sitzung unserer Gesellschaft ausgefüllt hat. Doch wollen Sie nicht fürchten, dass ich Sie mit alledem behellige, was wir damals zu hören bekamen: mit dem bunten Durcheinander von Respirationscentren im Mittelhirn, welche doch wiederum keine Centren sein sollten, von dem Vermeiden von Hindernissen, das doch eigentlich kein Vermeiden wäre, von Coordinationscentren, von optischen und akustischen Reflexen, vom Wesen des Schlafes, von der „Magazinirung vorräthiger Energie im Grosshirn und deren von dort aus erfolgenden Dispersion nach den verschiedenen Enden", von physiologischer, mechanischer und noch mehrfach andersartiger Enthirnung, von „äquilibrirenden und nicht äquilibrirenden Schnitten" am Hirn, von Hrn. Eckhard's Aeusserungen

---

[1] Wie Hr. Munk will (a. a. O. S. 564). Da es dem Sprachgebrauche nicht zuwiderläuft, wenn man auch bei anderen sich bewegenden Gegenständen das Wort „Ausweichen" gebraucht, so kann ich in meiner einfachen Aussage nicht nothwendig einen Schluss sehen, vor allen Dingen keinen „falschen Schluss", als welchen Hr. Munk meine Aussage deshalb hinstellen möchte, weil die aus seinen Beobachtungen von ihm gezogenen Schlüsse ihm als richtig gelten.

[2] Ausgegeben am 25. Juli 1884.

aus dem Jahre 1878 über die Bedeutung des Grosshirns für das Sehen und des Strassburger Candidaten Löb neuesten Meinungen darüber, von der sogenannten Localisationsfrage u. s. w. Vielmehr werde ich nur den Kern der Sache ausschälen, auf den es ankam, und streng auf diesen mich beschränken.

Sie werden sich der Reihe meiner Mittheilungen aus den Jahren 1877—79 erinnern, in welchen ich Ihnen anzeigte, dass ich mit immer umfangreicherer Exstirpation gewisser Partien der Grosshirnrinde den Hund in immer grösserer Ausdehnung auf einer oder beiden Retinae hatte blind machen können. Endlich gelang es mir im Jahre 1880, durch die vollkommene Exstirpation beider Sehsphären vollkommen blinde Hunde zu gewinnen und dieselben durch Monate am Leben zu erhalten. Nicht lange nachdem ich darüber der Akademie berichtet hatte, trat Hr. Christiani, der bis dahin mit der Untersuchung von Respirationscentren bei enthirnten Kaninchen sich beschäftigt hatte, hier vor uns mit der Angabe auf, dass das grosshirnlose Kaninchen noch sehe und höre; und er wiederholte dann dieselbe Angabe, nur mit anderen Worten — das grosshirnlose Kaninchen gehe ohne jede Abnormität umher, vermeide Hindernisse, erspringe Anhöhen u. s. w. —, in einer im Februar 1881 der Akademie vorgelegten Mittheilung. Damit war meinen Ergebnissen direct widersprochen. Freilich sagte dies Hr. Christiani in seiner Mittheilung nicht aus, wie er überhaupt um die reiche Litteratur des Gebietes und sogar um die vielen gegentheiligen Beobachtungen, welche von den früheren Untersuchern des Kaninchens vorlagen, sich gar nicht weiter kümmerte. Aber darum war doch bei der physiologischen Verwandtschaft von Hund und Kaninchen der Widerspruch ganz offenbar, und er wurde auch von anderer Seite richtig hervorgehoben.

Wie immer, wenn mir ein thatsächlicher Widerspruch entgegentritt, ging ich sogleich an die experimentelle Prüfung, und noch in demselben Jahre hatte ich die Beweise in Händen, dass Hrn. Christiani's Angabe nicht zutreffend war, dass sie nur auf willkürlicher Deutung der Beobachtungen beruhte. Indess erschien mir nach den vielen nicht genügend ausgedehnten Untersuchungen, welche bereits vorlagen, eine möglichst umfassende Untersuchung wünschenswerth, und eine solche beanspruchte eine längere Zeit. Endlich als ich meine Aufgabe erschöpft sah, legte ich im Sitzungsberichte der Akademie vom 8. Mai dieses Jahres (Stück XXIV) meine Ergebnisse dar, nach welchen das grosshirnlose Kaninchen nicht Hindernissen ausweicht, nicht Anhöhen erspringt u. s. w., sondern vollkommen blind ist, nach welchen es auch nicht, wie Hr. Christiani gleichfalls angegeben hatte, spontane Ortsveränderungen zeigt, gelegentlich aus dem Schlafe erwacht, ohne jede Abnormität umhergeht u. s. w., sondern keine anderen Bewegungen macht, als unwillkürliche — Reflex- oder Zwangsbewegungen.

Ich hatte geglaubt, dass der in die Augen springende grosse Umfang meiner Untersuchungen vor einem etwaigen Widerspruche zu neuen Versuchen Anlass geben würde; aber darin hatte ich mich getäuscht. Noch war das Papier meiner Abhandlung nicht trocken geworden, als schon Hr. Christiani einen Artikel gegen mich der Akademie hatte übergeben lassen. Ausführlich mich widerlegen wollte Hr. Christiani dort nicht, wie er sagte; er beschrieb nur sein Versuchsverfahren, warf mir unrichtige Angaben, bezw. gefälschte Citate vor und knüpfte ganz kurze, aber dafür seiner Meinung nach recht entscheidende Widerlegungen an (Stück XXVIII). Ich habe diese Widerlegungen, wie jene Vorwürfe an derselben Stelle gebührend zurückgewiesen, meine Erwiderung liegt auch bereits ge-

druckt vor (Stück XXX), und ich brauche deshalb hier nicht weiter darauf einzugehen.

Die „ausführliche Widerlegung meiner Behauptungen“ hatte sich Hr. Christiani „für die Gelegenheit einer anderen Mittheilung und für ein Feld vorbehalten, auf welchem er mir mit gleichen Vortheilen entgegentreten könnte“. So schwer verständlich auch das letztere war, man konnte nur annehmen, dass das erwünschte Feld diese unsere Gesellschaft sein sollte; und dem entsprach auch, dass Hr. Christiani bald nach der Drucklegung jenes Artikels einen Vortrag „zur Physiologie des Gehirns“ hier auf die Tagesordnung brachte. So habe ich mich zu unserer letzten Sitzung eingefunden, die in Aussicht gestellte „ausführliche Widerlegung“ entgegenzunehmen. Nun hat in der That Hr. Christiani „bei Gelegenheit der anderen Mittheilung“ die Dinge, um welche es sich unter uns handelte, des ausführlichsten erörtert und dazu noch, ganz in der Weise von Goltz und Löb, alle Sünden, die ich am Grosshirn beging, mir vorgehalten. Aber wie ich schon sogleich nach seinem Vortrage constatirte, hat Hr. Christiani nur einfach wiederholt, was er vorher veröffentlicht hatte, und nicht eine einzige neue Thatsache, nicht eine einzige neue Beobachtung, nicht ein einziges neues Argument zur Sache beigebracht und gegen mich in's Feld geführt. Ja, Hr. Christiani, der hier früher soviel vom Sehen und Hören des grosshirnlosen Kaninchens gesprochen hatte, der, so oft ich seit 1881 Hrn. Blaschko's oder meine Untersuchungen hier mittheilte, regelmässig die Frage mir vorgelegt hatte, wie es denn damit stimmte oder stände, dass doch das enthirnte Kaninchen sehe, hat sogar in seinem neulichen Vortrage nie etwas von „Sehen“ oder „Hören“ verlauten lassen; und ebensowenig hat er je in seinem Vortrage das Wort „willkürlich“ gebraucht, während er doch noch in der Discussion unserer vorletzten Sitzung das „von ihm am dritten Ventrikel entdeckte willkürliche Respirationscentrum des enthirnten Kaninchens“ dem Vortragenden in Erinnerung gebracht hatte. Die von Hrn. Christiani angekündigte „ausführliche Widerlegung“ ist also ausgeblieben; und ich schätze unsere Zeit zu sehr, als dass ich meine Kritik jener Christiani'schen Angaben hier nochmals vorführen sollte.[1]

---

[1] Nachträgliche Anmerkung. Wie meine früheren Mittheilungen an die Physiologische Gesellschaft, so kommt auch dieser Vortrag vom 4. Juli d. J. nach dem Stenogramm, nur hier und da in der Form gebessert, zur Veröffentlichung. Er war schon für den Druck vorbereitet, als mit Nr. 15—16 dieser „Verhandlungen“ — deren Ausgabetag nicht, wie es nach dem Kopfe des Blattes scheinen kann, der 27. Juni, sondern erst der 26. Juli war — ein von Hrn. Christiani verfasster Artikel über seinen Vortrag vom 20. Juni erschien. Nach dem Statut unserer Gesellschaft ist der Vortragende nicht an seine mündliche Mittheilung für die Drucklegung gebunden und ist für die letztere volle Freiheit gegeben. Man wird es danach verstehen, dass mein Vortrag hin und wieder auf Hrn. Christiani's Artikel nicht streng zu passen scheint. Doch lag andererseits für mich kein Grund vor, meine Mittheilung zu verändern. Ich finde nur eine neue Angabe von Hrn. Christiani noch zu constatiren und führe sie, um jedes Missverständniss auszuschliessen, wörtlich an. „Ich habe ferner beobachtet“, sagt Hr. Christiani (oben S. 468), „dass enthirnte Kaninchen sich ganz anders verhalten, je nachdem ich ihnen die Optici unverletzt erhalten oder durchschnitten hatte. Die so völlig blind gemachten Thiere vermieden nicht in gleichem Maasse, wie die andern, den Sonnenschein, der in das Zimmer fiel und suchten nicht mit Vorliebe dunkle Ecken auf. Um Wärmestrahlung auszuschliessen, trugen hierbei die Thiere Stanniolkappen.“ Diese Angabe, dass enthirnte Kaninchen den Sonnenschein vermeiden und mit Vorliebe dunkle Ecken aufsuchen, charakterisirt an sich ohne weiteres Hrn. Christiani's Untersuchung; und ich kann

Dass ich mir für heute das Wort erbat, hat denn auch einen anderen Grund. Ich hatte hinsichtlich des groben Verhaltens der Thiere in den gelungenen Versuchen angegeben, dass der Grosshirnexstirpation zunächst ein Erschöpfungsstadium von ungefähr einer halben Stunde Dauer folgt, in welchem die Thiere wohl auf Reizung stehen und laufen, ungereizt jedoch in jeder Lage mit ausreichender Unterstützung unbewegt verharren. Dem entgegen hat Hr. Christiani schon in jenem Artikel und wiederum in seinem Vortrage hervorgehoben, dass bei seinem Versuchsverfahren die Thiere „ohne initialen Erschöpfungszustand" sich erhalten lassen, unmittelbar nach der Operation stehen, sitzen und gehen; nur bei den nicht gelungenen Versuchen trete „günstigsten Falles" eine länger dauernde Erschöpfung ein, haben sich die Thiere „im besten Falle" nach ungefähr einer Viertelstunde erholt, können sie wieder sitzen, später auch stehen und gehen, aber mit der Reinheit der Beobachtungen nach der Enthirnung sei es dann unbedingt vorbei.[1] So hat Hr. Christiani kurzweg meine Versuche zu discreditiren unternommen; und ich gedenke heute zu zeigen, was es mit dieser Discreditirung auf sich hat.

Handelte es sich bloss um die Abwehr, so wäre die Sache rasch abgethan. Ist es ja bei den Versuchen am Centralnervensysteme eine ganz gewöhnliche Erfahrung, und zwar eine Erfahrung, die man nicht nur am Säugethiere und Vogel, sondern sogar an dem sonst so resistenten Frosche macht, dass Eingriffe, mit welchen nicht geradezu Reizungen verbunden sind, zunächst ein Erschöpfungsstadium mit sich bringen. Muss ja auch schon Jeder, der nur die grundlegenden Versuche der Nervenphysiologie am Frosche ausgeführt hat, den Bell'schen Versuch, die Reflexversuche, die Grosshirnexstirpation, es wissen, dass nicht unmittelbar nach der Operation die Prüfungen sich vornehmen lassen, sondern dass erst eine Zeit lang zu warten ist, bis die Thiere, wie man gemeinhin es nennt, sich von der Operation erholt haben. Nur der Laie, der Neuling in der Physiologie könnte daher der Täuschung verfallen, dass, weil bei mir die Kaninchen zu allererst ein Erschöpfungsstadium zeigten, bei Hrn. Christiani nicht, Letzterer besser operirt und dementsprechend bessere Beobachtungen gemacht habe. Doch dieser Laie, dieser Neuling müsste noch dazu meine Abhandlung gar nicht gelesen haben. Venöse Blutungen sind es nach Hrn. Christiani, welche die Versuche so missglücken lassen, dass es zum Erschöpfungsstadium kommt; und dann sollen die Thiere immer Schwäche und schlechte Haltung in den Extremitäten, Schiefstellung des Kopfes, Zwangsbewegungen, wiederholte Blutungen, tetanische Sätze und Krämpfe, vorwärtsstürmende Bewegungen und dergleichen mehr zeigen; sie sollen noch längere Zeit leben können — Hrn. Christiani's Beobachtungszeit betrug in maximo zwölf Stunden —, wenn man nur dafür sorgt, dass die Blutcoagula von der Basis cranii immer wieder entfernt werden.[2] Ich habe aber ausdrücklich die Versuche, bei welchen Blut die zurückgebliebenen Hirntheile umfliesst, für ganz unbrauchbar erklärt[3] und von meinen gelungenen Versuchen

nur bedauern, dass Hr. Christiani die Angabe nicht schon in seiner ersten Mittheilung vom Jahre 1881 gemacht hat, da ich mich alsdann trotz seinen „glaubwürdigsten Zeugen" „vor der wissenschaftlichen Welt" jeder Widerlegung überhoben geglaubt hätte.

[1] *Sitzungsberichte der Akademie.* S. 636.

[2] *Ebenda* S. 636—37.

[3] *Ebenda.* S. 556.

angegeben, dass die Schädelbasis frei von Blut war und blieb[1]; ich habe die Thiere meiner gelungenen Versuche dahin beschrieben, dass sie nach Ablauf des Erschöpfungsstadiums die normale hockende Stellung annahmen und aus dieser heraus von Zeit zu Zeit normale Bewegungen machten[2]; ich habe endlich von ebendiesen Thieren angeführt, dass sie, sich selbst überlassen, bis 50 Stunden lebten und während der ersten Stunden, öfters durch so lange Zeit, wie Hr. Christiani überhaupt in maximo beobachtete, und noch länger durchaus in Ruhe verharrten, nur dass hin und wieder, im ganzen sehr selten, einzelne rasch ablaufende Reflexbewegungen eintraten.[3] Wer dies gelesen, könnte sich unmöglich dazu verstehen, meine gelungenen Versuche mit jenen Christiani'schen misslungenen Versuchen in Verbindung zu bringen, geschweige denn, wie Hr. Christiani es wollte, zu identificiren.

Indess um eine andere, ich könnte sagen, positive Lösung meiner Aufgabe ist es mir hier zu thun. Was Hr. Christiani in seiner ersten Mittheilung über sein Operationsverfahren und seine Versuchsthiere ausgesagt hatte, war so dürftig, dass ein sicheres Urtheil über die Qualität seiner „bestgerathenen Fälle" nicht zu gewinnen war. Unter diesen Umständen meinte ich dem Gegner, den ich zu bekämpfen hatte, die günstigste Position einräumen zu sollen, ihm trotz manchem, das dagegen sprach, die besten, in meinem Sinne ganz gelungene Versuche zuschreiben und so seine Angaben widerlegen zu sollen. Von einer umfassenden Besprechung der unbrauchbaren Versuche sah ich infolge dessen ab, und damit liess ich in meiner Abhandlung die Lücke offen, welche Hr. Christiani zu seinem Discreditirungsversuche benutzt hat. Ich werde jetzt die Lücke ausfüllen, indem ich mit Hülfe der weiteren Angaben, welche Hr. Christiani neuerdings über seine Versuche gemacht hat, die beiderseitigen Versuche vergleiche, und den wirklichen Werth von Hrn. Christiani's „bestgelungenen Fällen" darthun.

Sollen die Folgen der Ausschaltung des Grosshirns an einem Thiere rein hervortreten, so muss das Grosshirn vollkommen exstirpirt, aber das Thier nicht noch anderweitig geschädigt sein; insbesondere darf kein wesentlicher Blutverlust stattgehabt haben und müssen die hinter dem Grosshirn gelegenen Hirntheile unversehrt sein. Wo diese Bedingungen erfüllt sind und so lange sie erfüllt bleiben, sind die Versuche gelungen, und müssen sich in allen Versuchen an derselben Thierart die reinen Folgen der Entfernung des Grosshirns ganz gleichmässig zeigen. Auf dieser Grundlage bin ich an die Untersuchung des Kaninchens gegangen und habe ich dieselbe durchgeführt. Und diese Grundlage müssen wir offenbar auch festhalten, obwohl Hrn. Christiani „als Kriterien für eine gelungene Operation stets" noch andere „Dinge galten", wie z. B. „die vollständige Erhaltung der Coordination für Stand und Locomotion unmittelbar nach der Operation und in der Folge" oder „die sehr bald nach der Operation nachweisbare Erhöhung der Reflexerregbarkeit".[4] Denn dass mit derlei Kriterien, wie ich schon an anderer Stelle bemerkte[5], anticipirt war, was erst das Ergebniss der Untersuchung sein konnte, das ist doch zu einfach und klar, als dass ich dabei verweilen sollte.

---

[1] *Sitzungsberichte der Akademie.* S. 551.
[2] *Ebenda.* S. 553.
[3] *Ebenda.* S. 551—53.
[4] *Ebenda.* S. 638.
[5] *Ebenda.* S. 659.

Unsere Versuchsverfahren stimmen nun darin überein, dass das Grosshirn von hinten nach vorn umgeklappt wird. Ich habe diesen Weg für einen zu nahe liegenden erklärt, als dass er nicht von den vielen Forschern, welche vor mir Grosshirnexstirpationen am Kaninchen unternommen haben, schon öfters eingeschlagen sein sollte[1]; und wer einmal ein conservirtes Kaninchenhirn genauer betrachtet oder nur z. B. die Gudden'schen Figg. 5 und 9 auf Taf. VI Bd. II (1870) des *Archivs für Psychiatrie* mustert, wird mir beistimmen. Aber Hr. Christiani scheint Werth darauf zu legen[2], dass er vor mir das Umklappen vorgenommen hat, und ich bedauere deshalb, dass ich dies nicht wusste und darum in meiner Abhandlung nicht erwähnen konnte. An unserer Sitzung vom 14. Mai 1880, in welcher Hr. Christiani sein Enthirnungsverfahren demonstrirt zu haben angiebt, hatte ich nicht theilgenommen — ich war nach Ausweis meines Tagebuches schon am Morgen dieses Freitags vor Pfingsten abgereist —, und das von Hrn. Christiani verfasste Protokoll besagte nur, dass „der Vortragende an einem Kaninchen, dem er die Grosshirnhemisphären exstirpirt hatte, in situ das von ihm aufgefundene Inspirationscentrum des dritten Ventrikels demonstrirte."[3] Auch habe ich zu den „zahlreichen Fachgenossen", welchen Hr. Christiani seitdem sein Enthirnungsverfahren vorgeführt haben will, nicht gehört trotz meiner ausgesprochenen Bereitwilligkeit, die Versuche zu sehen. Ich denke, das unbewusst Versäumte wird hiermit genügend nachgeholt sein.

Des weiteren aber gehen unsere Versuchsverfahren auseinander und bieten neben vielen unwesentlichen einzelne wesentliche Abweichungen dar.

Hr. Christiani verlangt für den guten Erfolg, dass „die Thiere weder durch Narkotica oder sonst irgendwie künstlich vorbereitet, noch in ihrer normalen Lebensweise gestört" seien; er „legt ein ganz besonderes Gewicht darauf, dass die ganze Operation so schnell wie möglich ausgeführt werde und namentlich die das Thier erfahrungsgemäss am meisten aufregende Eröffnung des Schädels nicht lange dauere"; er giebt auch genau vor, wie das Grosshirn freizulegen sei.[4] Indess sind alle diese Anforderungen wohl geeignet, von der im Grunde einfachen Operation abzuschrecken; aber sie brauchen durchaus nicht erfüllt zu sein, damit man Versuche erhalte, wie sie von Hrn. Christiani und von mir als gelungene beschrieben worden sind. Das hatte ich durch die mannigfachste Modificirung des Versuchsverfahrens ermittelt, bevor Hr. Christiani sein Vorgehen veröffentlichte, und deshalb hatte meine Abhandlung in allen jenen Stücken dem Operateur freies Spiel gegeben[5]; sie hatte nur die Vorfütterung mit trockenem Futter, die Torsion des Sinus longitudinalis, die Exstirpation ausserhalb der Narkose empfehlen mögen[6], um durch die Einschränkung der Blutungen eine grössere Zahl von Versuchen gelingen zu lassen. Geradezu warnen muss ich sogar vor der Eile; denn wer die ganze Operation mit den vielen einzelnen Acten, welche Hr. Christiani aufzählt, in zwei Minuten auszuführen suchen wird — soviel betrug, wie Hr. Christiani sagt[7], die Gesammtdauer bei ihm „in günstigen

---

[1] *Sitzungsberichte der Akademie.* S. 550.
[2] *Ebenda.* S. 636.
[3] *Diese Verhandlungen* 1879/80. Nr. 13. S. 81. — *Archiv für Anatomie und Physiologie.* Physiologische Abtheilung. 1880. S. 295.
[4] *Sitzungsberichte der Akademie.* S. 636—37.
[5] *Ebenda.* S. 550.
[6] *Ebenda.* S. 551.
[7] *Ebenda.* S. 637.

Fällen" —, wird alles eher leisten, als eine zuverlässige wissenschaftliche Operation, und wird sicher mindestens der Spaltung der Dura sich überhoben sehen. Die Herausnahme der Hemisphären macht sich naturgemäss sehr rasch, und man wird auch auf die Abtragung des Schädeldaches und die Spaltung der Dura nicht mehr Zeit als nöthig verwenden, so dass in weniger als 10 Minuten die Operation gut durchgeführt sein kann; aber das vorsichtige Vorgehen ist viel wichtiger als die Eile, die hier durch nichts geboten ist, weil es zu einem grösseren Blutverluste gar nicht zu kommen braucht. Will man die Aufregung des Thieres, welche die Eröffnung des Schädels und noch mehr die Spaltung der Dura veranlasst, ganz ausschliessen, so lege man das Grosshirn in der Aethernarkose frei und exstirpire die Hemisphären erst nach einiger Zeit, erst nach einer halben Stunde oder noch später; man kommt auf diese Weise unter den gleichen sonstigen Bedingungen zu ebensolchen Versuchen, wie wenn man ohne Narkose die ganze Operation ununterbrochen durchführt.

Unwesentlich ist es weiter, ob die Hemisphären mit meinen Holzstäbchen oder mit dem Christiani'schen Schielhäkchen herausgehoben werden, und ob man die Wundöffnung durch einige Nähte, wie ich, oder durch einen Wattebausch, wie Hr. Christiani, schliesst. Dass Hr. Christiani, um den Hirnstock vor Trockniss zu schützen, noch ein neutrales flüssiges Fett (Hundefett) einführt[1], will mir nicht unbedenklich erscheinen; doch habe ich über die Bedeutung dieser Maassnahme keine Erfahrungen, und jedenfalls tritt dieselbe zurück gegen die Bedeutung der letzten Abweichungen, welche wir noch zu betrachten haben.

Während[2] ich, um das Grosshirn abzutrennen, unmittelbar vor den sichtbaren vorderen Rändern der Thalami optici einen Frontalschnitt etwas schief nach vorn und unten bis zur Schädelbasis führe, läuft Hrn. Christiani's Schnitt jederseits „oben genau der (nach hinten sich krümmenden) Stria cornea entsprechend, unten hart am vorderen Rande des Tractus opticus bis zum Winkel des Chiasma nervorum opticorum hin sich erstreckend". Hr. Christiani trägt also noch eine Portion Hirnsubstanz von im Mittel 1—2^{mm} Breite ab, die ich zurücklasse. Dieses Mehr der Exstirpation ist für die früheren, die Hauptsache betreffenden Verhandlungen zwischen Hrn. Christiani und mir ohne Belang gewesen, weil, wenn mein enthirntes Kaninchen nicht andere als unwillkürliche Bewegungen macht, nicht Hindernisse vermeidet u. s. w., das Gleiche erst recht für Hrn. Christiani's Kaninchen gelten muss, das noch ein wenig mehr Hirnsubstanz verloren hat; hier jedoch will das Mehr wohl beachtet sein, insofern Hrn. Christiani's Trennungsflächen eng an die vorderen äusseren Flächen der Thalami sich anschliessen, meine Trennungsfläche von den Thalami weiter entfernt bleibt. Während ich ferner zweitens die Abtrennung mit einem einfachen Messerschnitte vornehme, vollzieht dieselbe Hr. Christiani „jederseits mit einem einzigen sehr schnell, aber mehr drückend als ziehend, geführten Schnitt mittels eines zugeschärften, sieben Millimeter breiten hölzernen Scalpellstieles". Dadurch sollen sich „unter dem leichten, quetschenden Drucke des Messerstieles die kleinen durchtrennten Arterien bereits geschlossen haben", so dass „keine arteriellen Blutungen auftreten." Indess wird man schwerlich bei dem „sehr schnellen" Schnitte dem „zugeschärften" Messerstiele eine andere Wirkung auf die Arterien zuschreiben dürfen, als dem Messer selber; und in der That bleiben auch dann,

---

[1] *Sitzungsberichte der Akademie.* S. 638.
[2] *Ebenda.* S. 550—51 und 636—37.

wenn man das Messer verwendet, die arteriellen Blutungen aus. Dagegen bietet der Messerstiel, der für dünne Hirntheile, wie z. B. den Pedunculus der Taube, sehr wohl brauchbar ist, hier, wo es sich um die Durchschneidung einer verhältnissmässig dicken Hirnmasse handelt, den Nachtheil, dass er, weil er mehr quetschend und zerrend auf die Nervensubstanz wirkt, die zurückbleibenden Hirntheile in höherem Grade schädigt, als das Messer: wofür die grob unebene Trennungsfläche, die besonders am unteren Ende oft geradezu lappige Begrenzung, die man mit dem Messerstiele erhält, den schlagendsten Beweis liefert. Endlich lässt drittens Hrn. Christiani's Versuchsverfahren dem meinigen gegenüber eine auf den ersten Blick unscheinbare, in Wahrheit jedoch bedeutsame Lücke. Mag auch, wie Hr. Christiani sagt, „in günstigen Fällen bei Eröffnung des Sinus longitudinalis das einzige Blut abfliessen", immer bedeckt sich bei der Herausnahme der Hemisphären, infolge der Zerreissung von kleinen Gefässen, die Schädelbasis mit Blut; und dieses Blut bleibt an der Schädelbasis liegen, wenn nicht für seine sofortige Beseitigung Sorge getragen ist. Deshalb habe ich es als unbedingt empfehlenswerth hingestellt, was ich bei vielem Suchen als das einzige Hülfsmittel fand, dass man dem Kopfe des Thieres eine möglichst verticale Stellung giebt, die Schnauze nach unten, das Hinterhaupt nach oben; dann fliesst das Blut, sowie es zur Schädelbasis gekommen, sogleich auf der schiefen Ebene nach vorn hin ab, und der Schädel bleibt in der ganzen Länge des erhaltenen Hirnstieles frei von Blut. In der Hinsicht aber lässt Hr. Christiani, trotz der sonst so peinlichen Beschreibung seines Versuchsverfahrens, jede Bemerkung vermissen; und wenn selbst bei seinen Versuchen stets sofort nach der Exstirpation jede Blutung stand, so muss doch, infolge des Auftretens von Blut am Schädelgrunde während der Exstirpation, eine dünnere oder dickere Blutschicht unter den erhaltenen Hirntheilen und zu ihren Seiten verblieben sein.

Durch diese drei Abweichungen im Versuchsverfahren erweist sich die Verschiedenheit der Schilderungen bedingt, welche Hr. Christiani und ich vom groben Verhalten der enthirnten Kaninchen gegeben haben. Mein Versuchsverfahren liefert Thiere, wie ich sie als „ganz gelungene Versuche" beschrieb, welche nach einem etwa halbstündigen Erschöpfungsstadium durch Stunden in normaler Ruhestellung verharren, nur dass hin und wieder einzelne rasch ablaufende Reflexbewegungen eintreten, und welche erst danach Laufbewegungen machen, anfangs mit grossen, dann mit kürzeren Ruhepausen; — von der schliesslichen Abnahme der Laufbewegungen vor dem Tode sehe ich, um die Darlegung zu vereinfachen, hier überall ab. Trennt man jedoch die Hemisphären auf die Weise wie Hr. Christiani ab, und unterlässt man es, dem Kopfe des Kaninchens bei der Operation die verticale Stellung zu geben, so erhält man unter sonst gleichen Umständen Thiere, wie sie Hr. Christiani als „bestgerathene Fälle" oder neuerdings als „gelungene Versuche" beschrieb, Thiere, welche, ohne ein Erschöpfungsstadium zu zeigen, sogleich nach der Operation normal sitzen und von Zeit zu Zeit Laufbewegungen machen, — wie ich hinzufügen kann, zuerst nur seltene, später häufigere Laufbewegungen. Ja, solche Thiere zu gewinnen, genügt es schon in der Regel, dass man nur in einer einzelnen Richtung der letztbesprochenen Abweichungen mein Versuchsverfahren verlässt, dass man nur den Striae corneae mit dem Messerschnitte folgt oder nur meinen Frontalschnitt vor den Thalami, statt mit dem Messer, mit dem Messerstiele ausführt oder endlich nur die Stellung des Kopfes bei der Operation vernachlässigt. Diese letzten Abweichungen im Versuchsverfahren sind also in Betracht zu ziehen, wenn es sich

um die Frage handelt, ob die von Hrn. Christiani oder die von mir als „gelungen“ hingestellten Versuche wirklich in dem oben definirten Sinne gelungene waren.

Ueber die Antwort kann dann kein Zweifel sein. Beidemal war das Grosshirn vollkommen entfernt; beidemal war das Thier durch Blutverlust nicht geschädigt; beidemal waren auch die hinter dem Grosshirn gelegenen Hirntheile bei der Operation nicht gröblich verletzt, so dass abnorme Stellungen oder Reitbahnbewegungen und dgl. die Folgen gewesen wären. Aber bei Hrn. Christiani's Versuchen waren und blieben die letzteren Hirntheile nicht so unversehrt, wie bei meinen Versuchen: sie waren gequetscht und gezerrt durch die Abtrennung mit dem Messerstiele; sie unterlagen, infolge der grösseren Nähe der Trennungsfläche, früher und mehr den sogenannten schädlichen Wirkungen des Querschnittes; sie waren seitens des ihnen anliegenden Blutes dem Drucke und noch mehr der Durchtränkung ausgesetzt. Daher kam es, dass die Thiere in Hrn. Christiani's Versuchen bald nach der Operation ein solches Verhalten zeigten, wie es in meinen Versuchen erst nach Stunden zu beobachten war, wenn die Entzündung der Hirntheile sich eingestellt hatte; und daher sind Hrn. Christiani's „bestgelungene Versuche“ in Wahrheit nicht gelungene Versuche gewesen.

Wo möglich noch schärfer, weil in gewisser Hinsicht mit einem tieferen Verständnisse verknüpft, tritt dasselbe hervor in der methodischen Entwickelung der Untersuchung, welche mich das Versuchsverfahren hat finden lassen, das ich als zu gelungenen Versuchen führend beschrieb.

Gelungene Versuche von langer Dauer, wie bei Fröschen und Tauben, welche die Grosshirnexstirpation durch Monate überleben können, zeigten sich bei Kaninchen dadurch ausgeschlossen, dass diese Thiere infolge der Grosshirnexstirpation unter allen Umständen und ausnahmlos in der nächsten Zeit zugrundegehen. Aber auch für die Lebensdauer der Kaninchen konnte von gelungenen Versuchen nicht die Rede sein, weil, wo ungehörige Blutungen oder Verletzungen weder bei noch nach der Operation vorgekommen waren, nach dem Tode doch immer eine Entzündung der dem Grosshirn benachbarten Hirntheile, der Thalami optici und manchmal auch der Corpora quadrigemina, durch die Section aufgedeckt wurde. Mithin stand der Erwerb gelungener Versuche bloss noch für die erste Zeit nach der Operation, bis jene Entzündung eintrat, in Aussicht, wofern die Entzündung nicht sogleich mit der Operation einsetzte und ihr Beginn sich bestimmen liess.

Die Kaninchen, deren Grosshirn ohne wesentlichen Blutverlust und ohne gröbliche Schädigung der niedereren Hirntheile vollkommen entfernt war, führten nun sämmtlich Laufbewegungen in wachsender Frequenz aus; aber desto häufigere und desto stürmischere Laufbewegungen kamen zur Beobachtung, je rascher der Tod des Thieres eintrat. Hinwiederum erwiesen sich die entzündlichen Veränderungen der Thalami desto beträchtlicher, je kürzer die Lebensdauer des Thieres gewesen war. Danach war nur anzunehmen, dass eine ursächliche Beziehung der Entzündung zu den Laufbewegungen bestand; und das fand auch in der Folge seine Bestätigung. Denn nicht nur ergab sich weiter, dass die Laufbewegungen desto eher nach der Operation eintraten und desto rascher an Frequenz und Intensität wuchsen, je früher das Thier erlag; sondern es liessen sich auch regelmässig, sobald das Thier mehrmals gelaufen und die Verkürzung der Ruhepausen deutlich geworden war, durch die Section des Thieres anatomische

Veränderungen der Thalami constatiren, während zu einer früheren Zeit nach der Operation die Thalami normal erschienen. Die Laufbewegungen waren also durch die abnorme Beschaffenheit der Thalami bedingt und zeigten eine solche sogar feiner an, als die grobe anatomische Prüfung.

Nunmehr war das Versuchsverfahren offenbar dahin auszubilden, dass es erst möglichst spät in den Versuchen zu Laufbewegungen kam. Bisher waren diese, wenn nicht bald nach der Operation, immer doch in den ersten Stunden eingetreten, und die Thiere waren innerhalb 24 Stunden gestorben. Jetzt schaffte ich das Blut von der Schädelbasis fort, weil die Verfärbung, welche die unteren Partien der Thalami erfuhren, das Verbleiben desselben verdächtig machten. Ich verwarf für die Abtrennung des Grosshirns den Messerstiel, der mir vom Herausheben der Hemisphären zur Hand und vom Pedunculus der Taube her geläufig gewesen war, und zog den scharfen Schnitt mit dem Messer vor. Ich hielt endlich auch den Schnitt etwas von den Thalami entfernt, weil ich dadurch die gerade gewünschte, nicht aber noch eine andere Veränderung der Versuchsergebnisse veranlasst sah. So gewann ich Thiere, bei welchen die Laufbewegungen erst 4—20 Stunden nach der Operation eintraten und der Tod erst nach 30—50 Stunden erfolgte. Das Erschöpfungsstadium, welches diese Thiere zunächst nach der Operation für etwa eine halbe Stunde darboten, konnte mich natürlich nicht irre machen. Wohl aber durfte ich darin, dass diese Thiere bis zum Eintreten der Laufbewegungen dasselbe Verhalten zeigten, wie der grosshirnlose Frosch und die grosshirnlose Taube, dass sie, von seltenen kurzen Reflexbewegungen abgesehen, so lange ruhig in normaler Haltung verblieben, die volle Gewähr sehen, dass ich erreicht hatte, was hier zu erreichen war.

Dass einer solchen Entwickelung gegenüber, welche die Untersuchung nehmen musste, Hrn. Christiani's Vorgehen ein rein willkürliches war, dass er durch die längstens zwölfstündige Beobachtung der Thiere und die Vernachlässigung der Sectionsbefunde sich durchaus der Mittel entschlug, die Versuche im ganzen wie die Beobachtungen im besonderen richtig zu beurtheilen, das werde ich nicht mehr zu besprechen brauchen. Ich habe nur hinzuzufügen, dass, wie durch die Verfolgung der Laufbewegungen, so auch durch die der Reflexerregbarkeit, allerdings etwas schwieriger, die richtige Einsicht zu gewinnen war. Denn um die Zeit, zu welcher die Laufbewegungen auftreten, macht sich zugleich eine Erhöhung der Reflexerregbarkeit bemerklich, und diese wächst dann in demselben Maasse an, wie die Laufbewegungen zunehmen[1]: so dass für die Laufbewegungen und das Ansteigen der Reflexerregbarkeit die gleiche Beziehung zu den anatomischen Veränderungen der Thalami sich ergiebt. Und wenn Hr. Christiani ein Kriterium für eine gelungene Operation gerade darin sah, dass sehr bald nach der Operation die Erhöhung der Reflexerregbarkeit nachweisbar war[2], so thut das eben nur von neuem dar, wie Hrn. Christiani's „bestgelungene Fälle" nichts anderes als misslungene Versuche waren.

Hiermit habe ich die Aufgabe gelöst, welche ich mir für heute gestellt hatte, und zu meiner Abhandlung die Ergänzung geliefert, welche Hrn. Christiani's neuere Veröffentlichung möglich machte und wünschen liess. Nothwendig war die Ergänzung nicht; denn wie in den gelungenen, so erst recht auch in den misslungenen Versuchen und überhaupt in allen Versuchen stellt

---

[1] Vgl. *Sitzungsberichte der Akademie.* S. 558.
[2] *Ebenda.* S. 638.

es sich heraus, was ich in meiner Abhandlung darlegte, dass die Kaninchen, welchen das Grosshirn exstirpirt ist, nicht ohne jede Abnormität umherspazieren, nicht Hindernissen ausweichen, nicht Anhöhen erspringen u. s. w. Ich will darum zum Schlusse auch gern noch gestehen, was ich schon in meiner Abhandlung andeutete, dass mich zu der weiten Ausdehnung der für meine Zwecke sogar im Grunde überflüssigen[3] Untersuchung des Kaninchens gerade mit der Umstand bewog, dass ich einmal an einem Beispiele, und zwar in einem nicht eben einfachen Falle, die Angaben und die Beobachtungsweise kennzeichnen wollte, deren man sich auf unserem Gebiete zu erwehren hat.[4] Wenn in der Physiologie des Gehirns so viele Widersprüche vorkommen, so trägt die Schuld nicht, wie es dem Fernerstehenden scheinen mag, die Unzugänglichkeit des Untersuchungsobjectes: es liegt nur an der oft unzureichenden Beobachtung und der noch öfter mangelhaften Methodik der Untersuchung, es liegt an den Untersuchern.

---

[1] *Sitzungsberichte der Akademie.* S. 568.
[2] *Ebenda.* S. 567.

Die Resorption des Zuckers und des Eiweisses im Magen.

Von

R. Meade Smith.

Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.

In dem Grade, in welchem die Ueberzeugung Boden fand, dass sich mit Filtration und Endosmose die Resorption im Dünndarm nicht ausreichend erklären lasse, und man dann, in Ermangelung anderer Gründe, das bewegliche Protoplasma der Epithelien für die Ueberführung der Nährstoffe in das Schleimhautgewebe verantwortlich machte, musste die Frage, was und wie die Magenwand aufsauge, an Bedeutung gewinnen. Alle Unterschiede, welche nach Art und Geschwindigkeit in den aufsaugenden Befähigungen des Magens und Dünndarms zur Erscheinung kommen, beleuchten, wenn die Epithelien das Geschäft der Resorption in erster Linie besorgen, wesentlich die Eigenschaften dieser wichtigen Gebilde. Und da gegenwärtig keine Veranlassung vorliegt, an der Uebereinstimmung des Protoplasma's der an verschiedenen Standorten befindlichen Cylinderzellen zu zweifeln, so würde es auf Rechnung der Säume kommen, durch welche die Epithelien an ihrer freien Fläche begrenzt werden, wenn sich an verschiedenen Orten des Verdauungsschlauches die Resorption wässeriger Lösungen nach Verlauf und Ergebniss ungleich gestaltet. An den Epithelien des Magens und des Dünndarms bestehen nun bekanntlich Unterschiede im Bau dieser Grenzschichten.

Zu einer Untersuchung über die resorbirende Thätigkeit des Magens liegt auch noch von einer anderen Seite her eine Aufforderung vor. Viele Stunden hindurch ist täglich die Oberfläche des Magens mit einer Flüssigkeit bedeckt, deren Säuregehalt hinreichen dürfte, um das Protoplasma der Epithelien abzutödten. Da man hiervon, namentlich aber von einer Selbstverdauung der Magenwand, kein Anzeichen findet, so bildete sich die Ansicht

aus, dass der in die Schleimhaut eindringende saure Saft durch das Alkali der Lymphe und des Blutes neutralisirt werde. In Anbetracht der anatomischen Verhältnisse könnte diese Erklärung für den Schutz des Gewebes unterhalb der Epithelien, schwerlich aber für den ausreichen, dessen das Protoplasma der Epithelien bedarf. Bewahrt das Protoplasma der Magenepithelien seine Lebendigkeit trotzdem, dass es von dem verdauenden Saft nur durch die dünne Schicht porösen Schleims getrennt ist, so ist ihm entweder die Magensäure ungefährlich im Gegensatz zu anderen protoplasmatischen Körpern, oder die Säure verdichtet den Schleim im Deckel der Epithelien bis zu einem Grade, welcher das Eindringen von Flüssigkeit verhütet. Im letzteren Falle würde zu erwarten sein, dass die Magenwand nur dann zur Aufsaugung geschickt sei, wenn der Säuregehalt des Saftes unter gewisse Grenzen herabgesunken wäre.

Abgesehen von mannigfachen älteren Beobachtungen, durch welche der Uebergang zahlreicher Arzneistoffe und Gifte in die Magenwand wahrscheinlich wurde, haben neuerdings Tappeiner[1] und Anrep[2] mit einwurfsfreien Methoden die Resorption des Zuckers und Peptons im Magen nachgewiesen. Doch fanden Beide, namentlich aber der Erstere, die Wand des Magens zur Aufsaugung nur wenig geschickt, sodass sich der Magen des Säugethieres nur wenig zur genaueren Darlegung der Erscheinungen geeignet erwies, unter welchen die genannten Stoffe verschwinden.

Nach einigen früher von ihm unternommenen Versuchen schien es Hrn. Prof. C. Ludwig möglich mit dem Magen des Frosches deutlichere Erfolge zu erzielen. Da der Magen des Frosches mit einem Epithelium ausgekleidet ist, welches im Wesentlichen dem Ueberzug des Säugethiermagens gleicht, so entschloss ich mich zu erneuten Beobachtungen an dem in Vorschlag gebrachten Orte. Ein Theil der letzteren ist von mir in Leipzig während des Hochsommers, ein anderer in Philadelphia während des Octobers 1883 nach dem folgenden Plane angestellt worden.

An Fröschen, die seit mindestens acht Tagen gefastet hatten, wurde der Magen blossgelegt, diesseits des Pylorus unterbunden, und darauf die Bauchwunde sorgfältig mit Nähten verschlossen. Nachdem ihnen alsdann vom Munde oder dem Oesophagus aus eine gewogene Menge Nahrung von bekannter Zusammensetzung zugeführt war, wurden sie auf Glastellern unter Glasglocken aufbewahrt und nach Verfluss verschieden langer Zeiten durch Zerstörung der Nervencentren getödtet. Aus dem Körper wurde der Magen herausgenommen, von aussen gereinigt, eröffnet und mit einem Spatel von seinem Inhalt befreit. Die aus dem Magen genommene Masse wurde auf ihre Reaction geprüft, gewogen, getrocknet und verascht. War

[1] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XVI.

[2] *Dies Archiv.* 1881.

Traubenzucker in den Magen eingeführt worden, so wurde vor der Veraschung der trockene Rückstand mit einer abgemessenen Menge Wassers ausgelaugt, der Auszug filtrirt und in einem gemessenen Bruchtheil desselben mit Fehling'scher Lösung titrirt. — Zu einem der eben beschriebenen Versuche wurde öfters statt nur eines einzigen, eine grössere Zahl von Fröschen verwendet, denen zu gleicher Zeit der Magen unterbunden, und mit gleicher Speise gefüllt war. Die grössere Menge des zur Verfügung stehenden Mageninhaltes versprach für die Ergebnisse einen grossen Grad von Sicherheit.

Dem Plane konnte ein Gelingen nur durch den Nachweis versprochen werden, dass die Frösche, die zu der Entblössung des Magens nöthige Operation und die Unterbindung des Pylorus ohne sichtbare Beeinträchtigung ihrer Gesundheit eine Reihe von Tagen hindurch zu überstehen vermochten.

An einigen Dutzenden von Fröschen ging die Unterbindung des Magens ohne sichtbaren Schaden für ihr sonstiges Wohlbefinden vorüber, sodass aus der Operation auch keine Störung der Magenthätigkeit zu erwachsen schien.

Obwohl nun der Magen hungernder Frösche bis auf einen geringen schleimigen Ueberzug seiner Oberfläche leer gefunden wird, so liess sich doch nicht voraussagen, ob ein gleiches auch nach der Unterbindung des Pylorus gelte; hierüber mussten also die Versuche erst Aufschluss bringen. Fastende Frösche wurden, nachdem der Magen unterbunden war, von einem bis zu sechs Tagen am Leben erhalten und nach dem Tode der Inhalt ihrer Magen untersucht. Mit einer einzigen Ausnahme fand sich in ihnen ein trüber zähflüssiger, Lakmus röthender Inhalt, welcher sorgfältig von der Magenwand abgestreift, und nachher feucht, getrocknet und nach der Veraschung gewogen wurde.

Als Mittelwerthe aus mehreren ergaben sich für je einen Frosch:

Seit 24 Stunden unterbunden			
Gesammtinhalt des Magens .	504	mgr in Proc.	100·00
darin Wasser	496	„ „ „	98·40
an verbrennlichen Stoff . . .	7·5	„ „ „	1·49
Asche	0·4	„ „ „	0·07
Vor 48 Stunden unterbunden			
Gesammtinhalt des Magens .	407	mgr in Proc.	100·00
darin Wasser	395	„ „ „	97·00
an verbrennlichen Stoff . . .	11	„ „ „	2·83
Asche	0·5	„ „ „	0·11

Vor 72 Stunden unterbunden

Gesammtinhalt des Magens .	395 mgr	in	Proc.		100·00
darin Wasser	383 „	„	„		96·97
an verbrennlichen Stoff . . .	11·4 „	„	„		2·88
Asche	0·5 „	„	„		0·12

Vor 96 Stunden unterbunden

Gesammtinhalt des Magens .	552 mgr	in	Proc.	100·00
darin Wasser	538 „	„	„	97·46
an verbrennlichen Stoff . . .	13 „	„	„	2·35
Asche	1·5 „	„	„	0·27

Als Mittelwerth aus den vorstehenden Beobachtungen ergiebt sich, dass der Magen des Frosches nach Unterbindung des Pylorus eine Flüssigkeit mit 2·35 Proc. an organischen Stoffen enthält.

Vor 120 Stunden unterbunden

Gesammtinhalt des Magens .	1040 mgr	in	Proc.	100·00
darin Wasser	1011 „	„	„	96·99
an verbrennlichen Stoff . .	23 „	„	„	2·22
Asche	6 „	„	„	0·58

Vor 144 Stunden unterbunden

Gesammtinhalt des Magens .	311 mgr	in	Proc.	100·00
darin Wasser	304 „	„	„	97·75
an verbrennlichen Stoff . .	7 „	„	„	2·22
Asche	0·3 „	„	„	0·10

Ein Magen, dessen Pylorus vor 144 Stunden unterbunden war, fand sich vollkommen leer.

Die im unterbundenen Magen vorgefundene Flüssigkeit besitzt vom ersten bis zum sechsten Tag, einen in engen Grenzen veränderlichen Wassergehalt — zwischen 97·4 und 98·5 Procent schwankend. — Aehnlich dem Wasserprocent ist auch die absolute Menge der angesammelten Flüssigkeit einem nur geringen Wechsel unterworfen; meist belief sie sich auf 300 bis 500 mgr, nur einmal stieg sie auf 1000 mgr und einmal sank sie auf den geringen Betrag herab, welcher im Hungermagen bei offenem Pylorus vorkommt. Dass mit der Dauer des Verschlusses sich die Menge des Saftes und sein Wassergehalt nicht wesentlich und namentlich nicht gesetzmässig ändern, verdient an und für sich eine Untersuchung, um zu prüfen, ob sich die absondernde Thätigkeit des leeren Magens kurz

nach der Unterbindung erschöpft und der abgeschiedene Saft der Resorption widersteht, oder ob die letztere mit einer entsprechenden Absonderung Hand in Hand geht. Auf die Lösung dieser Fragen leistete ich Verzicht, zufrieden mit der Erfahrung, dass dem von mir zu untersuchenden Geschäfte des Magens für die Dauer von mindestens sechs Tagen durch eine reichliche und abnorme Absonderung kein Hinderniss bereitet werde.

Die Aufsaugung des Traubenzuckers.

Dem Magen wurden in drei verschiedenen Versuchsreihen der Zucker entweder trocken oder in 28·5 procentiger oder in 16·8 procentiger wässeriger Lösung überliefert. Zur Vermeidung an Verlusten und der grösseren Reinheit des Versuchs wegen wurde, wenn trockener Zucker eingeführt werden sollte, nach der Unterbindung des Pylorus ein kleiner Schnitt durch die Wand der Speiseröhre geführt; von ihm aus mit entfetteter Baumwolle der Magen getrocknet, dann die gewogene Menge des Zuckers eingesteckt und nachträglich die Speiseröhre unterbunden, sodass der Zucker innerhalb der nach beiden Seiten hin abgeschlossenen Höhle lag.

Es fanden sich:

1. Drei Stunden nach der Einführung des Zuckers

Trockener Zucker.			Zucker in 28·5 proc. Lösung.			Zucker in 16·8 proc. Lösung.		
Zucker			Zucker			Zucker		
eingeführt.	resorbirt.	Wasser	eingeführt.	resorbirt.	Wasser	eingeführt.	resorbirt.	Wasser
173 mgr	103 mgr	775 mgr	200 mgr	75 mgr	801 mgr	182 mgr	65 mgr	1275 mgr

2. Sechs Stunden nach der Einführung des Zuckers

Trockener Zucker			Zucker in 40·4 proc. Lösung.			Zucker in 16·8 proc. Lösung.		
Zucker			Zucker			Zucker		
eingeführt.	resorbirt.	Wasser	eingeführt.	resorbirt.	Wasser	eingeführt.	resorbirt.	Wasser
200 mgr	161 mgr	1049 mgr	200 mgr	150 mgr	1923 mgr	182 mgr	71 mgr	1477 mgr

3. Neunzehn Stunden nach der Einführung des Zuckers

Trockener Zucker.			Zucker in 28·5 proc. Lösung.			Zucker in 16·8 proc. Lösung.		
Zucker		Wasser	Zucker		Wasser	Zucker		Wasser
eingeführt.	resorbirt.		eingeführt.	resorbirt.		eingeführt.	resorbirt.	
200 mgr	175 mgr	3775 mgr	400 mgr	175 mgr	2088 mgr	182 mgr	170 mgr	1587 mgr

4. Zweiundzwanzig Stunden nach der Einführung des Zuckers

Trockener Zucker.		
Zucker		Wasser
eingeführt.	resorbirt.	
200 mgr	150 mgr	4089 mgr

5. Vierundzwanzig Stunden nach der Einführung des Zuckers

Trockener Zucker			Zucker in 16·8 proc. Lösung.		
Zucker		Wasser.	Zucker		Wasser.
eingeführt.	resorbirt.		eingeführt.	resorbirt.	
200 mgr	186 mgr	2589 mgr	182 mgr	82 mgr	3351 mgr
200 „	184 „	516 „			

6. Achtundvierzig Stunden nach der Einführung des Zuckers war derselbe aus dem Magen vollkommen verschwunden, dagegen fanden sich zu dieser Zeit und selbst noch in der zweiundsiebenzigsten Stunde 1000 bis 2000 mgr Wasser vor.

Jedenfalls hatte eine Resorption von Zucker stattgefunden, jedoch mit ungleicher von der Dichtigkeit der Zuckerlösung abhängigen Geschwindigkeit. Einer Einsicht in die mit der Concentration veränderliche Aufnahme gewährt folgende Zusammenstellung:

Zeit nach Einführung in Stunden.	Trockener Zucker.		In 28·5 proc. Lösung		In 16·8 proc. Lösung.	
	Verschwunden in Proc. des Eingeführten.	Procentgehalt der Magenflüssigkeit an Zucker.	Verschwunden in Proc. des Eingeführten.	Procentgehalt der Magenflüssigkeit an Zucker.	Verschwunden in Proc. des Eingeführten.	Procentgehalt der Magenflüssigkeit an Zucker.
3	60	9·03	38	15·60	30	9·18
6	80	3·72	75	2·60	39	7·51
20	87	0·66	87	1·20	90	0·76
24	92	0·86	97	0·12	44	2·98

Aus der gegebenen Zusammenstellung springt hervor,

a. dass bei gleicher Aufenthaltsdauer des Zuckers im Magen die Menge des resorbirten mit der Concentration des eingeführten wächst, und infolge dieses Verhaltens, dass die Geschwindigkeit der Aufsaugung umsomehr sinkt, je weiter sich die im Magen vorhandene Zuckerlösung durch die dorthin ausgeschiedene Flüssigkeit verdünnt. Ueberraschend wird man diese Erfahrungen nicht finden, weil, wie auch die Mechanik der Resorption beschaffen sein mag, sie stets den hier gefundenen Erfolg bezeugen müsste.

b. Dass der im Aufsaugungsgeschäft begriffene Magen mehr Flüssigkeit enthält, als in ihn mit dem Zucker eingeführt worden war. Die Menge und Art der Flüssigkeit, welche der Magen hergegeben hat, wird zunächst in's Auge zu fassen sein. Zu dem Ende muss man das mit dem Zucker eingeführte Wasser von dem des Mageninhaltes und ebenso den im trockenen Rückstand vorhandenen Zucker von dem Gesammtbetrage des letzteren abziehen. Das Verfahren liefert folgendes Resultat:

Menge und Zusammensetzung der von der Magenwand abgeschiedenen Flüssigkeit.

Trockener Zucker.

	Abgeschiedenes Wasser.	Zuckerfreier Rückstand.	Verschwundener Zucker	Verhältniss zwischen ausgeschiedenem Wasser und resorbirtem Zucker, das Wasser = 1.
Nach 3 Stunden	775 mgr	2·32 Proc.	103 mgr	0·13
„ 6 „	1049 „	2·86 „	161 „	0·04
„ 19 „	3775 „	2·67 „	175 „	
„ 22 „	4089 „	3·04 „	150 „	
„ 24 „	2589 „	2·34 „	186 „	
„ 24 „	516 „	3·10 „	184 „	

Zucker in 28·5procentiger Lösung.

	Abgeschiedenes Wasser.	Zuckerfreier Rückstand.	Resorbirter Zucker.	Verhältniss zwischen ausgeschiedenem Wasser und resorbirtem Zucker, das Wasser = 1.
Nach 3 Stunden	301 mgr	3·65 Proc.	75 mgr	0·25
„ 6 „	1423 „	2·60 „	150 „	0·10
„ 20 „	1588 „	2.08 „	175 „	0·11

Zucker in 16·8 procentiger Lösung.

	Abgeschiederes Wasser.	Zuckerfreier Rückstand.	Resorbirter Zucker.	Verhältniss zwischen ausgeschiedenem Wasser und resorbirtem Zucker, das Wasser = 1.
Nach 3 Stunden	375 mgr	2·93 Proc.	65 mgr	0·17
„ 6 „	577 „	?	71 „	
„ 18 „	687 „	3·35 „	170 „	
„ 24 „	2451 „	?	82 „	

Regelmässig nimmt mit der Dauer der Resorption die Menge der ausgeschiedenen Flüssigkeit zu; je mehr Zucker aus der Höhle des Magens verschwand, um so grösser war das Volumen des in ihr enthaltenen Wassers. Und der Antheil, welchen der Magen selbst zu seinem flüssigen Inhalt geliefert hatte, fiel um so grösser aus, je geringer die mit dem Zucker eingeführte Wassermenge gewesen war. Nicht minder beständig war das Verhältniss zwischen dem verschwundenen Zucker und dem ausgeschiedenen Wasser insoweit, als das Gewicht des hinzugetretenen Wassers bedeutend diejenige des in die Magenwand eingegangenen Zuckers übertraf.

In ihrer Gesammtheit gleichen die Erscheinungen so sehr denjenigen eines endosmotischen Vorganges, dass man geneigt sein könnte nach dem Aequivalenten des Austausches zu fragen. Zur Vorsicht mahnt jedoch die Erwägung, dass die ausgetretene Flüssigkeit kein Wasser, vielmehr eine Lösung verschiedener Stoffe darstellt, wie die in der obigen Tabelle angemerkten Procente des zuckerfreien Rückstandes beweisen, welche auf das nicht mit der Nahrung eingebrachte, also jedenfalls vom Magen hergegebene Wasser berechnet sind.

Die für die verschiedenen Thiere berechneten zuckerfreien Rückstandsprocente liegen nicht weiter voneinander ab, und sie stimmen, was beachtenswerth, im Wesentlichen mit denjenigen, welche nach S. 484 in dem Safte des leeren zugebundenen Magens gefunden wurden. In Anbetracht dessen könnte man sich vorstellen, dass während und durch die Anwesenheit des Zuckers die Thätigkeit der Drüsen angeregt worden sei. Nach dieser Anschauung hätten im Magen zwei voneinander unabhängige Vorgänge stattgefunden, eine Ausscheidung von Drüsensäften und eine Aufnahme des Zuckers durch die Epithelialzellen. Wer sich der dualistischen Erklärung hingiebt, muss jedoch beachten, dass der abgesonderte Saft nicht mit dem Secret der Labdrüsen übereinstimmte, denn es reagirte niemals stark sauer, zuweilen sogar alkalisch.

Aus der Anwesenheit der zuckerfreien festen Stoffe kann jedoch selbstverständlich kein Beweis gegen das Bestehen einer Diffusion entnommen werden. Denn in den Orten, nach welchen der Zucker hinstrebt, ist kein reines Wasser, sondern Blut oder Lymphe enthalten, deren sämmtliche Stoffe in den endosmotischen Process hineingezogen werden müssen.

Zur Vervollständigung des Berichtes über die von mir gefundenen Thatsachen muss ich noch hinzufügen, dass auch nach dem Verschwinden des Zuckers, 48 bis 72 Stunden nach seiner Einführung, der Magen noch weit mehr Flüssigkeit enthält, als zu derselben Zeit im leeren Magen gefunden wird. Nach 48 Stunden traf ich einmal 1967 ^{mgr} mit 3·4 und nach 72 Stunden 2440 ^{mgr} mit 3·3 Procent festem Rückstand an. Einer Aufhellung dieser beachtenswerthen Erscheinung bin ich nicht weiter nachgegangen.

Aufsaugung der Eiweissstoffe.

Als Futter empfahl sich frischer Froschmuskel, er enthält von einem hungernden Thiere genommen, wenig Fett und einen nahezu gleichen Wassergehalt. Aus mehrfachen Bestimmungen erhielt ich 78·24 Procent Wasser und in dem Rückstande 20·83 Procent verbrennlichen Stoff; diese Werthe, welche nahezu mit den von Bibra gefundenen übereinstimmen, lege ich meinen Ausrechnungen zu Grunde. Die Berechtigung hierzu scheint mir für die Vergleichung der in Leipzig ausgeführten Versuche gesichert, weil sich alle Thiere vor ihrer Abtödtung längere Zeit hindurch in demselben Wasserbassin, also unter möglichst gleichen Bedingungen aufgehalten hatten. Ob die Zahlen auch für die in Philadelphia benutzten Froschmuskeln vollgültig zu betrachten sind, muss freilich dahingestellt bleiben; keinenfalls aber werden die aus den Abweichungen des Wassergehaltes möglicherweise sich ergebenden Fehler auf die von mir gezogenen Schlüsse einen wesentlichen Einfluss üben.

Bevor Frösche, deren Pylorus unterbunden war, mit Fleisch gefüttert und weiteren Vergleichen unterzogen wurden, brachte ich erst einer grösseren Zahl unversehrter Thiere je 200 ^{mgr} des Muskels ein. Als dieselben 48 Stunden später getödtet waren, wurde der Magen ganz leer gefunden, woraus ich schloss, dass die genannte Futtermenge von der Verdauung leicht zu bewältigen sei.

Als jedoch nach diesen Vorversuchen der Pylorus unterbunden und darauf etwa 200 ^{mgr} des Muskels von den Fröschen verschlungen waren, ergab sich ein weit langsamerer Fortschritt der Auflösung, und der Entfernung des Futters. 48 Stunden reichten zur vollkommenen Verflüssigung

von 200 mgr Muskel niemals aus, öfter selbst 72 Stunden nicht, erst nach 96 Stunden war die Auflösung sicher vollendet; grössere Gaben des Fleisches von 500 und 1000 mgr aber waren erst nach 96 bis 120 Stunden nahezu, wenn auch noch nicht vollkommen, aufgelöst.

Nach den Beobachtungen von E. v. Brücke mit künstlichem Magensaft lässt sich die langsame Verdauung innerhalb des abgebundenen Magens aus der Anhäufung von Verdauungsproducten erklären, welche die Wirksamkeit eines künstlichen Labsaftes herabzusetzen im Stande sind. Mindestens liegt nach meinen Beobachtungen keine Veranlassung zum Aufsuchen eines anderen Grundes vor, da mit der wachsenden Aufenthaltsdauer des Fleisches im Magen die von dem letzteren abgesonderte Flüssigkeit in einer Zunahme begriffen war und ihre Reaction bis zur vollendeten Auflösung des Fleisches stark sauer gefunden wurde.

Da die Zeit, welche zur vollständigen Verflüssigung gleicher Gewichtsmengen des Muskels sich bei verschiedenen Fröschen ungleich gross herausstellte, so kann sie nicht als Maassstab für den Fortschritt der Verdauung benutzt werden, es müssen vielmehr die Versuche je nach dem Verhalten des Mageninhaltes zusammengestellt werden.

Mit einer einzigen Ausnahme enthielten alle Magen mehr Wasser, als ihnen mit der Nahrung zugeführt war, an organischen Stoffen war dagegen in einer Anzahl von Magen mehr, in einer anderen weniger als im Futter anwesend. Dass eine Verminderung des verfütterten organischen Stoffes nur durch eine Resorption bedingt sein konnte versteht sich von selbst, nicht aber dass ihre Grösse dem Gewichtsunterschiede des Verfütterten und des im Magen Gefundenen gleich sei. Auch die Befunde, in welchen der organische Rückstand des Mageninhaltes den des Futters überbot, brauchen keineswegs als Beweise für eine unterbliebene Aufsaugung angesehen zu werden. Und zwar darum nicht, weil der Magen nicht bloss die Nahrung enthielt, sondern sich ausserdem mit dem Eintritt der Speisen auch mit Magensaft füllte, wie durch die Auflösung des Muskels, durch die saure Reaction des Speisebreis und durch den Ueberschuss des Wassers bewiesen wird, welchen der Mageninhalt über den des verschluckten Fleisches aufwies. Nach den Erfahrungen an dem Safte, der im nüchternen Zustande und nach der Fütterung mit Zucker abgeschieden wurde, darf mit hoher Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass von dem in Fleischverdauung begriffenen Magen ein Secret mit 2·5 bis 3·0 Procent organischen Rückstandes gebildet worden sei. Unter der Annahme des Procentsatzes und der weiteren sicher unverfänglichen, dass mindestens der über das eingebrachte vorhandene Ueberschuss an Wasser von dem abgesonderten Labsaft herstamme, gewinnen wir ein Mittel zu einer weiteren Beleuchtung der unmittelbaren Versuchszahlen.

Aus meinen Beobachtungen theile ich in erster Linie diejenige mit, in welchen unzweifelhaft ein Theil des genossenen Eiweisses aufgesaugt war, denn der Mageninhalt war ärmer an organischen Stoffen als das verfütterte Fleisch. Die Ordnungszahl der einzelnen Versuche ist nach der Grösse des Gewichtsunterschiedes zwischen dem organischen Rückstand des Fleisches und des Mageninhaltes gewählt.

Tabelle 1.

Ordnungsziffer.	Verdaungszeit.	Verfüttert an organischen Stoffen.	Verfüttert an Wasser.	Im Magen gefunden organischer Stoff.	Im Magen gefunden Wasser.	Verdauungsgrad.
1	120 Stunden	35 mgr	135 mgr	27 mgr	907 mgr	vollständig
2	24 „	104 „	396 „	89 „	758 „	unvollständig
3	72 „	104 „	396 „	87 „	1493 „	„
4	96 „	104 „	396 „	81 „	1315 „	vollständig
5	144 „	42 „	158 „	13 „	576 „	„
6	96 „	42 „	158 „	12 „	374 „	„
7	162 „	41 „	156 „	10 „	294 „	„
8	96 „	42 „	158 „	6 „	514 „	„
9	48 „	42 „	158 „	6 „	528 „	„
10	96 „	42 „	158 „	4 „	139 „	„
11	48 „	208 „	792 „	145 „	1603 „	unvollständig
12	24 „	208 „	792 „	142 „	1149 „	„
13	96 „	208 „	792 „	81 „	1328 „	„

Da der Unterschied der Gewichte organischen Stoffes im Futter und im Speisebrei jedenfalls ein fehlerhaftes Bild von der Grösse der stattgehabten Resorption entwirft, so sollen weiteren Betrachtungen voraus erst die Verbesserungen an den Zahlen vorgenommen werden, welche sich auf Grund der vorhin aufgestellten Annahme an ihnen anbringen lassen. Zu der Tabelle, welche die corrigirten Zahlen enthält (s. folg. Seite), ist zu bemerken, dass die früher gebrauchten Ordnungsnummern der Versuche auch hier beibehalten wurden; im zweiten Stabe findet sich der Ueberschuss an organischen Stoffen des Futters über die des Mageninhalts. Im dritten Stabe steht um wieviel Wasser der Magen mehr enthielt als das verfütterte Fleisch zugebracht hatte.

Unter der Voraussetzung, dass das Wasser mit einem Gehalt von 2·5 Procent organischer Stoffe abgeschieden wurde, sind die Zahlen berechnet, welche der vierte Stab aufweist. Werden die Zahlen des vierten Stabes der Tabelle 2 zu denjenigen des dritten Stabes in Tabelle 1 addirt, so ergeben sich daraus die Gewichte organischen Stoffes, welche der Magen hätte enthalten müssen, wenn keine Resorption stattgefunden hätte. Zieht man von der gebildeten Summe den im Magen vorgefundenen

organischen Stoff ab, so erhält man das Maass der wirklich stattgefundenen Aufsaugung. Die hieraus sich ergebenden Zahlen sind in dem fünften Stab der Tabelle 2 unter der Ueberschrift „vermuthlich resorbirt“ eingetragen.

Tabelle 2.

Ordnungsnummer des Versuchs.	Weniger organische Stoffe als in der Nahrung.	Mehr Wasser als in der Nahrung.	Der Ueberschuss des Wassers als Saft mit 2·5 proc. organ. Stoffs giebt	Sonach vermuthlich resorbirt.
1	8 mgr	762 mgr	19 mgr	27 mgr
2	15 „	654 „	16 „	31 „
3	17 „	1389 „	34 „	51 „
4	23 „	1019 „	25 „	48 „
5	29 „	418 „	10 „	39 „
6	30 „	216 „	5 „	35 „
7	31 „	138 „	3 „	34 „
8	36 „	356 „	8 „	44 „
9	36 „	370 „	9 „	45 „
10	38 „	um 19 mgr weniger als eingef.	3 „	41 „
11	63 „	811 „	20 „	83 „
12	66 „	457 „	11 „	77 „
13	127 „	536 „	13 „	140 „

Unter den in der Zusammenstellung auf S. 491 aufgeführten Fröschen enthielten die nach dem Tode eröffneten Magen der Thiere, welche mit 500 mgr Fleisch und mehr gefüllt worden waren, noch unaufgelöste Muskelstückchen. Desungeachtet hatte eine Aufsaugung der in Lösung übergegangenen Antheile der verfütterten Stoffe stattgefunden; hierüber kann nach dem Vergleich des organischen Rückstandes im Futter und in dem Mageninhalt kein Zweifel bestehen. Denn es wurde im Mageninhalt an organischen Stoffen weniger als verfüttert waren gefunden:

In 2 = 15 mgr und zwar 24 Stunden nach der Fütterung von 500 mgr Muskel
„ 3 = 17 „ „ „ 72 „ „ „ „ „ „ „ „
„ 11 = 63 „ „ „ 48 „ „ „ „ „ 1000 „ „
„ 12 = 66 „ „ „ 124 „ „ „ „ „ „ „ „
„ 13 = 127 „ „ „ 96 „ „ „ „ „ „ „ „

Die Unterschiede der Gewichte sind zu gross, um aus Wägungsfehlern abstammen zu können. Dazu ist unzweifelhaft der Antheil des aus verbrennlichem Stoff bestehenden Mageninhaltes nicht sämmtlich von dem Muskel eingebracht worden, sondern theilweise dem von den Drüsen abgesonderten Safte angehörig, sodass die resorbirten Gewichte des Futters in Wirklichkeit noch grösser ausgefallen sein müssen, als sie von den obigen Zahlen angegeben werden.

Da die stark saure Reaction des Speisesaftes auf die Fortdauer der Verdauungsarbeit schliessen lässt, so ergiebt sich aus den vorgelegten Beobachtungen, dass die aufsaugende und absondernde Thätigkeit der Schleimhaut nebeneinander bestehen können, oder wenn man hierfür noch einen strengeren Beweis forderte, zum mindesten mit Gewissheit, dass durch die Anwesenheit einer stark sauren Reaction der Schleimschicht des Magenepitheliums die Fähigkeit für verdautes Eiweiss durchgängig zu sein nicht geraubt wird.

Da schon vor der vollständigen Auflösung des eingeführten Muskels die Aufsaugung beginnt, so lässt sich erwarten, dass mit oder kurz nach der vollendeten Verdauung grössere Mengen des eingebrachten Fleisches resorbirt worden seien. Betrachten wir in der Zusammenstellung auf S. 491 die Nummern 1. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10., in welchen die Lösung des Futters vollkommen war, so finden wir, dass der Unterschied des verbrennlichen Stoffgewichtes im Magen und im Futter betragen hat:

In 1 =	8^{mgr}	nach	der	Fütterung	mit	35^{mgr}	organischen	Muskelstoffs
„ 4 =	23 „	„	„	„	„	104 „	„	„
„ 5 =	29 „	„	„	„	„	42 „	„	„
„ 6 =	30 „	„	„	„	„	42 „	„	„
„ 7 =	31 „	„	„	„	„	41 „	„	„
„ 8 =	36 „	„	„	„	„	42 „	„	„
„ 9 =	36 „	„	„	„	„	42 „	„	„
„ 10 =	38 „	„	„	„	„	42 „	„	„

Selbst wer behauptet, dass die im Mageninhalt vorhandenen organischen Stoffe einzig und allein von dem verzehrten Fleische stammen, wird sich zu der Annahme gezwungen sehen, dass in den Nummern 8. 9. 10 das verdaute Eiweiss nahezu vollständig von der Magenwand aufgesaugt sei; wer sich dagegen der Einsicht nicht verschliesst, dass ein wesentlicher Antheil der organischen Stoffe des Chymus aus der Säftemasse des Frosches abzuleiten sei, und die von mir gemachte Annahme gutheisst, wonach das in den Magen eingetretene Wasser etwa 2·5 Procent organischer Stoffe mit sich geführt habe, wird auch 1. 5. 6. 7 zu den Fällen rechnen, in welchen die Aufsaugung des verzehrten Eiweisses eine vollkommene war. Siehe in der Tabelle 2 auf S. 492 die Zahlen in der Spalte ‘Vermuthlich resorbirt.’

Ich gehe zur Betrachtung der Versuchsnummern über, in welchen der Magen der todten Frösche mehr Wasser, zugleich aber auch mehr organische Stoffe enthielt als die lebenden Thiere mit dem verzehrten Muskel empfangen hatten. Was diesem Vorkommen von vorneherein eine Bedeutung zuspricht ist der in ihm liegende Beweis für unsere Annahme, dass das von der Magenwand abgeschiedene Wasser organische Stoffe mit sich geführt habe.

Die Ergebnisse der Beobachtung finden sich in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 3.

Ordnungsnummer.	Verdauungszeit.	Verfüttert		Im Magen		Verdauungsgrad.
		organischer Stoff.	Wasser.	organischer Stoff.	Wasser.	
a	48 Stunden	42 mgr	158 mgr	43 mgr	821 mgr	unvollständig
b	48 „	42 „	158 „	57 „	955 „	„
c	120 „	43 „	154 „	46 „	1567 „	„
d	90 „	52 „	200 „	58 „	786 „	„
e	72 „	57 „	219 „	60 „	1196 „	„
f	48 „	60 „	226 „	66 „	851 „	„
g	48 „	104 „	396 „	119 „	1463 „	„
A	124 „	42 „	158 „	51 „	1412 „	vollständig
B	77·5 „	36 „	139 „	52 „	1196 „	„
C	143 „	28 „	106 „	51 „	1146 „	schwachsauer
D	192 „	25 „	104 „	52 „	1903 „	„ neutral.

Weil nach der Einführung der Nahrung ein mit organischen Stoffen beladener Saft in die Höhle des Magens übergegangen ist, lässt sich aus der Vergleichung des Futters und des Speisebreies nicht unmittelbar ein Für oder Wider in Bezug auf die Aufsaugung sprechen. Wendet man aber auf die eben mitgetheilten Zahlen das bei den früheren benutzte Verfahren an, unterstellt man, dass die Wassermenge, um welche der Mageninhalt mehr als das Futter enthielt, 2·5 Procent organischen Stoffes übergeführt habe, so sieht man, wie die folgende Tabelle lehrt, dass auch die Beobachtungen, in welchen die organischen Bestandtheile des Speisebreies mehr als die des Muskels betrugen, für eine stattgehabte Aufsaugung sprechen.

Tabelle 4.

Versuchsnummer.	Im Magen		Berechnet den Ueberschuss an Wasser als Saft mit 2·5 prc. organ. Stoff.	Berechnet die resorbirte Menge des organischen Futters.
	mehr organ. Stoffs als in der Nahrung.	mehr Wasser als in der Nahrung.		
a	1 mgr	663 mgr	17 mgr	16 mgr
e	3 „	777 „	19 „	16 „
c	3 „	1313 „	33 „	30 „
f	6 „	625 „	16 „	10 „
d	6 „	568 „	14 „	8 „
A	9 „	1256 „	31 „	22 „
b	15 „	797 „	20 „	5 „
g	15 „	1077 „	27 „	12 „
B	8 „	957 „	24 „	8 „
C	3 „	1040 „	26 „	3 „
D	27 „	1826 „	46 „	17 „

Die unter den bisherigen Voraussetzungen berechneten Werthe der aufgesaugten Mengen fallen für die Nummern A, B, C und D klein aus, obwohl in ihnen die mässige Menge des verzehrten Muskels während der langen Verdauungszeit vollständig aufgelöst war. Danach tritt ihr Ergebniss in einen Widerspruch mit den entsprechenden der früheren Reihe auf S. 493. Aber auch dieser kann sich auf Grundlage einfacher Erwägungen als ein scheinbarer erweisen; nach der vollkommenen Aufsaugung des Zuckers entleerte sich der Magen nicht wieder, es blieb vielmehr in ihm eine mit 3·3 bis 3·4 organischen Rückstandes behaftete Flüssigkeit zurück. Warum sollte sich dasselbe nicht nach der vollständigen Aufsaugung des Fleisches ereignen? Und wenn, so wird man den in dem Inhalt des Magens gefundenen organischen Stoff auf die gesammte Masse des dort vorhandenen Wassers zu beziehen haben. Die nach dieser Unterstellung ausgeführte Rechnung ergiebt, dass der Procentgehalt des Mageninhaltes an organischen Stoffen in A 3·62, in B 4·34, in C 4·45 und in D 2·73 betragen habe, Werthe, die sich den nach vollendeter Aufsaugung des Zuckers vorhandenen so eng anschliessen, dass von dieser Seite her kein Widerspruch gegen das vollkommene Verschwinden des verfütterten Eiweisses zu befürchten wäre.

Darüber, ob die ebenbesprochene Möglichkeit der Wahrheit entspricht, und noch mehr über die Kräfte, welche sich an der Ueberführung des verdauten Eiweisses in die Schleimhaut betheiligen, wird sich ein helleres Licht erst verbreiten lassen, wenn die Hülfsmittel der Chemie gestatten werden die quantitative Scheidung der Bestandtheile des Magensaftes und der Abkömmlinge des verdauten Fleisches vorzunehmen.

Gegenwärtig scheint allerdings die Annahme, dass die Resorption der Eiweissstoffe im Magen als ein Diffusionsvorgang aufzufassen sei, die wahrscheinlichere. Für sie sprechen mehrfache Erscheinungen: zunächst die langsame Resorption, welche, wenn sie in einer Diffusion besteht, erst dann zu beginnen vermag, wenn das Eiweiss in Pepton oder überhaupt in einen Stoff umgewandelt wurde, der in der Lymphe oder im Blute nicht vorhanden ist. Für einen endosmotischen Vorgang spricht ferner, dass sich zum Tausch für das übergetretene Eiweiss der Magen mit Flüssigkeit füllt. Und endlich bildet der Bau des Epithels für die Annahme eine weitere Stütze, denn die Schicht, welche dasselbe der Magenhöhle zuwendet, ist aus quellbarem Schleim hergestellt, dem schwerlich eine selbständige Beweglichkeit zugeschrieben werden darf.

Wollte man den Bewegungen des Protoplasma's einen Antheil an der Ueberführung des verdauten Eiweisses zuerkennen, so würde man anzunehmen haben, dass durch sie der von eingetretener Lösung gequollene Eiweisspropf des Zelldeckels ausgedrückt und gegen die Schleimhaut hin

befördert werde, ein Vorgang, welcher sich so oft zu wiederholen hätte, als der Schleimpfropf sich von neuem vollgesaugt hätte. Die in dem Magen aufgespeicherte Flüssigkeit würde man dann nicht für ein Aequivalent des verschwundenen Eiweisses anzusehen haben, sie vielmehr ausschliesslich auf Rechnung der thätigen Drüsen setzen müssen.

Unabhängig von jeder Hypothese weisen dagegen meine Untersuchungen auf einen wesentlichen Unterschied hin, der zwischen der Resorption im Magen und in den Gedärmen besteht. Nach der vollendeten Verdauung nimmt der Darm die umgewandelten Speisen zugleich mit dem grössten Theil der abgeschiedenen Drüsensäfte auf, so dass ein fester mit wenig Flüssigkeit durchsetzter Rest übrig bleibt; im Magen dagegen findet sich auch noch viele Stunden nach der Resorption des Zuckers oder der Verdauung des Eiweisses eine reichliche Menge von Flüssigkeit. Einwenden kann man freilich, dass die Erscheinungen, welche der am Pylorus unterbundene Magen darbietet, nicht glatt auf den unversehrten anwendbar seien.

Ueber die Bedeutung der Vorhöfe für die Rhythmik der Ventrikel des Säugethierherzens.

Von

Dr. Robert Tigerstedt,
Assistenten am physiologischen Laboratorium in Stockholm.

Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.

(Hierzu Taf. VII.)

Seitdem Stannius im Jahre 1852 seine berühmten Versuche über das Froschherz veröffentlichte, sind die Bedingungen für die rhythmische Schlagfolge des Herzens von einer grossen Anzahl Forscher untersucht worden. Diese Arbeiten beziehen sich aber fast ausschliesslich auf das Herz der Kaltblüter. Ueber die im Säugethierherzen selbst liegenden Bedingungen für die rhythmische Schlagfolge liegen dagegen äusserst wenige Untersuchungen vor. Meines Wissens besitzen wir nur drei derartige Arbeiten, nämlich diejenigen von Einbrodt, Wooldridge und Kronecker-Schmey.

Unter Ludwig's Leitung untersuchte Einbrodt den Einfluss der directen Herzreizung auf die Bewegungen des Herzens.[1] Er constatirte dabei die schon früher von Ludwig und Hoffa gemachte Beobachtung,[2] dass durch Inductionsströme, welche direct die Herzkammern treffen, der Rhythmus des Herzens verändert wird und zwar solcher Art, dass die einzelnen Muskelbündel nicht mehr gleichzeitig zucken, sondern das eine erschlafft, während sich ein anderes benachbartes verkürzt (Delirium). Ferner beobachtete Einbrodt, dass die Empfindlichkeit des Herzens für

[1] Einbrodt, *Wiener Sitzungsberichte.* Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe. 1859. Bd. XXXVIII. S. 344.

[2] Ludwig und Hoffa, *Zeitschrift für rationelle Medicin.* 1849 Bd. IX.

Inductionsströme ausserordentlich gross ist. Bei Anwendung eines du Bois-Reymond'schen Schlitteninductoriums, welches durch ein Grove'sches Element gespeist war, trat selbst bei grossen Hunden der Tod ein, wenn die Rollen bis auf 90 mm genähert wurden. Bei jeder Reizung sank der Blutdruck beträchtlich.

Bei Anwendung constanter Ströme mässiger Stärke fand Einbrodt eine Beschleunigung des Herzschlages und eine Erhöhung des Blutdruckes; mit steigender Stromstärke erreichte diese Erhöhung bald ein Maximum; mit noch weiter fortwachsender Stromstärke nahm der Blutdruck wieder ab, und zwar so weit, dass endlich das Herz in Diastole stille stand und das Thier starb.

Endlich entdeckte Einbrodt eine Art von Antagonismus zwischen Vagusreizung und directer Herzreizung, indem nämlich bei gleichzeitiger Reizung des Vagus und der Herzoberfläche, die Herzschläge nicht vollkommen zum Stillstand gebracht werden konnten, die Zahl derselben aber nicht bis zu der Höhe sich erhob, die vor der Reizung vorhanden war. Der Blutdruck stand dem entsprechend gewöhnlich niedriger, als während des noch unberührten Herzens. Dieser Antagonismus zwischen Vagus und directer Herzreizung wurde auch durch die Beobachtung bestätigt, dass es durch Vagusreizung möglich war, die Rollen des Inductoriums viel mehr als sonst zu nähern, bis auf 30 mm, ohne dass die directe Herzreizung tödtlich wurde. Das Herzzittern (Delirium) konnte durch die Vagusreizung zum Stillstand gebracht werden.

Bei einer, im hiesigen physiologischen Institut ausgeführten Untersuchung, über die Kammernerven machte Wooldridge bei Hunden und Kaninchen den Versuch, die nervöse Verbindung zwischen den Vorhöfen und den Kammern aufzuheben, d. h. den Versuch von Stannius am Säugethierherzen auszuführen.[1] Hierbei bediente er sich folgender Methode. Zwischen der vorderen Fläche der Vorhöfe und der Hinterfläche der grossen Arterien wurde eine geöhrte Sonde durchgeschoben und mittelst ihr eine festgedrehte seidene Schnur. Eines ihrer Enden wurde um die Herzspitze herum bis auf die hintere Fläche der Vorhöfe geführt, und dann die beiden Enden derselben durch einen Schlingenschnürer fest zusammengezogen. Durch dieses Verfahren gelang es öfter die Muskelmasse der Vorhöfe vollkommen zu zerquetschen, ohne das Pericard zu zerreissen. Der nächste Erfolg dieser Ligatur war jedoch nicht immer der erwünschte; oft war die Schnur nicht fest genug und andere Male war sie zu fest durch die Schraube angezogen worden und deshalb blieben entweder noch unzerstörte Brücken der Muskelwand übrig, oder die gesammte Wand war theilweise zerrissen, so dass nun

[1] Wooldridge, *Dies Archiv.* 1883. S. 522—541.

das Blut hervorstürzte. Die vollständige Zerquetschung der Muskeln ohne gleichzeitige Zerreissung des Pericards gelang beim Kaninchen besser als beim Hunde. Zuweilen lief ein Theil der Schlinge in der queren Herzfurche, so dass Aeste der Kranzarterien von ihr zusammengeschnürt wurden; dieser Fehler liess sich jedoch bei einiger Aufmerksamkeit vermeiden. Lange durfte der Verschluss der Vorhöfe nicht andauern, ohne die Reizbarkeit der Kammern zu beeinträchtigen.

Nach der in dieser Weise angelegten Ligatur erwies sich, dass die Kammern ebenso wie die Vorhöfe ihre Schläge fortsetzen, jeder Theil jedoch in einem besonderen Rhythmus. Bei Reizung von Vagus oder Accelerans wurde der Rhythmus der Kammern nicht verändert. Die direct (nicht durch die Vorhöfe) zu den Kammern gehenden Nerven erwiesen sich sämmtlich als centripetal leitend.

Ueber die Untersuchung von Kronecker und Schmey liegt nur eine ganz kurze Mittheilung vor;[1] in derselben geben sie die Entdeckung eines Coordinationscentrums für die Musculatur der Herzkammer bekannt. Wenn sie eine kleine, noch nicht umgrenzte und anatomisch bestimmte Stelle an der unteren Grenze des oberen Drittels der Kammerscheidewand verletzten, so hörten nämlich momentan, wie gelähmt, die Herzkammern zu pulsiren auf und verfielen, diastolisch erweitert, in fibrilläre Zuckungen; dabei waren die Kranzgefässe unverletzt. Die Vorhöfe pulsirten normal weiter. Dieses Ergebniss beobachteten die Verff. ohne Ausnahme bei acht Hunden, und auch bei Kaninchen, obgleich bei diesem Thiere, wie es scheint, nicht constant.

Das interessante Ergebniss, welches Wooldridge durch seine Ligatur gefunden hatte, machte es wünschenswerth, die Trennung der nervösen Verbindung zwischen Kammern und Vorhöfen nach einer strengeren Methode zu wiederholen, denn gegen die seine könnte geltend gemacht werden, dass noch einige Nervenfasern von den Vorhöfen nach den Kammern trotz der Ligatur gelangt seien, und dass also der bemerkenswerthe Unterschied, den er zwischen den Herzen der Kaltblüter und der Säugethiere aufgefunden hatte, nur davon bedingt wäre. Weil Wooldridge durch andere Arbeiten verhindert war mit dieser Frage sich zu beschäftigen, schlug Hr. Professor Ludwig mir vor, diese Aufgabe in Angriff zu nehmen.

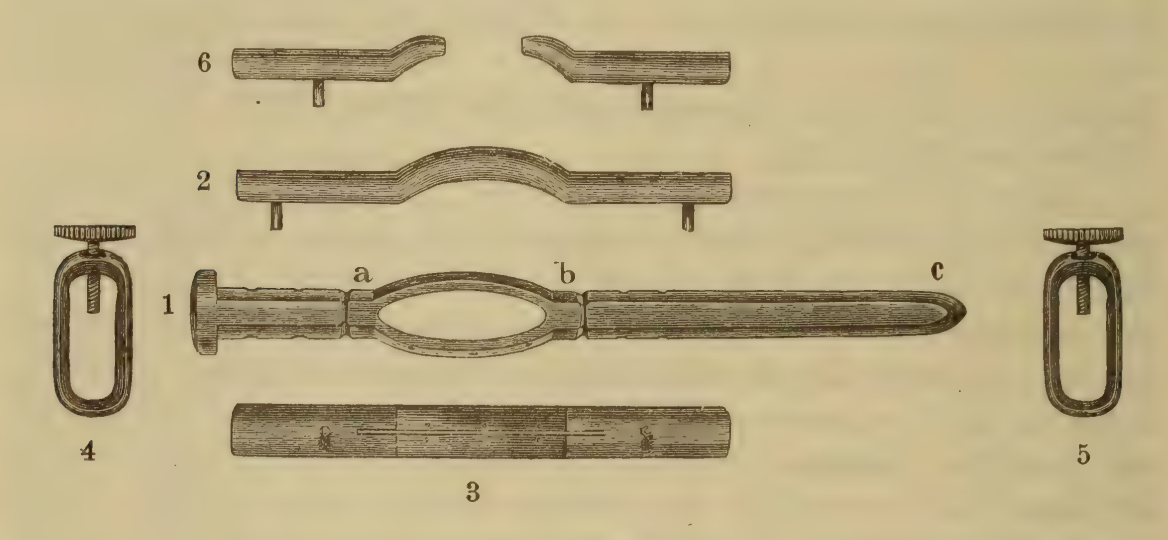
Nach mannigfachen zum Theil vergeblichen Versuchen ist es mir gelungen eine, wie es scheint, ziemlich befriedigende Methode zu diesem Zweck auszubilden. Leider war die Zeit, die mir gestattet war in Leipzig zu verweilen, zu kurz, um ausführlichere Studien über diesen

---

[1] Kronecker und Schmey, *Sitzungsberichte der Berliner Akademie.* Physik.-math. Classe. 1884. S. 87—89.

Gegenstand zu machen. Weil aber die Frage von der Innervation des Herzens fortwährend mit einem grossen Interesse studirt wird, schien es mir nicht unzweckmässig, diesen Beitrag zur Methodik der Herzversuche zu veröffentlichen, in der Hoffnung, dass meine Erfahrungen anderen Forschern möglicherweise von Nutzen sein könnten.

Die Aufgabe, welche zunächst zu lösen war, war die folgende: es soll die nervöse Verbindung zwischen den Vorhöfen und den Kammern vollständig und einwurfsfrei aufgehoben werden.



Das Atriotom.

1 der Stab; 2 eine Schiene von der Seite; 3 eine Schiene von unten; 4 und 5 die Schrauben; 6 Schienen für die theilweise Abklemmung.

Ein Stab, welcher in natürlicher Grösse in Fig. 1 abgebildet ist, wird in die Vorhöfe eingeführt und dort eingebunden; dabei wird natürlicher Weise die Vorhofsscheidewand zerstört. Durch das Loch *a* bis *b* kann das Blut von den Vorhöfen nach den Kammern ungehindert strömen. An die beiden Seiten des Stabes werden, ausserhalb des Herzens, zwei Schienen von der Form der Fig. 2 festgeschraubt, welche genau nach dem Maasse geformt sind. Ich will dieses kleine Instrument Atriotom nennen.[1] Schon die bedeutende Klemmung, welche durch das Anschrauben der Schienen erzielt wird, scheint an und für sich genügend zu sein, um alle in den Vorhofswänden laufenden Nerven zu zerstören. Um dieses noch sicherer zu erreichen, hat jede der beiden Schienen in ihrer Mitte einen Schlitz (Fig 3); mittelst eines in denselben eingeführten Messers können jetzt die Vorhofswände vollständig durchgeschnitten werden. Theils durch das feste Anschrauben der Schienen, theils

[1] Hr. Mechanikus W. Petzold in Leipzig, Albertstrasse 11, liefert das Atriotom in vorzüglicher Ausführung für 20 Mark.

durch einige an den Schienen befestigte kleine Stiftchen, welche den im Stabe befindlichen kleinen Löchern entsprechen, ist das Herausgleiten der Vorhofswände und somit jede Blutung gänzlich vermieden. In dieser Weise ist also die nervöse Verbindung zwischen Vorhöfen und Kammern vollständig aufgehoben. Es muss noch bemerkt werden, dass der durchlöcherte Stab dicht an die Grenze zwischen den Vorhöfen und den Kammern von selbst sich anlegt; unterhalb des Atriotoms haben wir daher nur die Kammern und die Atrioventricularklappen sammt einem unmittelbar daran liegenden ganz kleinen Theil der Vorhofswände. Tiefer nach den Kammern die Vorhofswand zu zerstören ist, meines Erachtens, ganz unmöglich.

Ich erlaube mir noch einige Bemerkungen über die Operation zu machen, weil für ihr Gelingen die Beobachtung gewisser Handgriffe von grosser Bedeutung ist.

Ich habe nur an Kaninchen gearbeitet. Nachdem das Thier vollkommen betäubt ist, wird der Brustkasten geöffnet und zwar so, dass man zuerst an den beiden Seiten des Proc. xiphoid. Einschnitte macht, in diese die Branchen einer starken Pincette einführt, den Schwertfortsatz mit der Pincette fasst und ihn abbricht. In die hierdurch entstandene Oeffnung wird die eine Branche einer krummen Scheere eingeführt und von hieraus das Brustbein in der Mittellinie durchschnitten. Die Blutung aus den Art. und Ven. mammariae wird durch schnelle Unterbindung gestillt. Die obere Oeffnung des Brustkastens wird ganz freigelegt und dann an beiden Seiten die sechs obersten Rippen sowie das Schlüsselbein ziemlich weit nach hinten abgeschnitten. Zu diesem Zweck werden die Rippen und das Schlüsselbein vorher mit starken Fäden umbunden. Die Thymus wird umbunden und dann entfernt. Das Pericardium wird in der Mittellinie geöffnet und mit sechs bis acht Fäden an die Wände des Brustkastens genäht. Hierdurch bildet man einen Teller, auf welchem das Herz ziemlich unberührt von den Bewegungen der Lungen liegen bleibt.[1] Jetzt kommt die Anlegung des Atriotomes.

Die Einführung des Stabes muss von dem linken Vorhof aus geschehen; von dem rechten Vorhof aus dies zu thun ist viel schwieriger, weil der Stab in diesem Falle gar leicht in die linke Vena cava superior gelangt. In zwei um $^3/_4$ bis 1 ^{cm} von einander entfernte Punkte des lateralen Randes des linken Vorhofes wird je ein Faden gebunden. Diese beiden Fäden dienen dazu, bei der Einführung des Stabes den Vorhof festzuhalten. Um den linken Vorhof wird dann eine Schleife gebunden in solcher Weise, dass das zwischen den Fäden liegende Stück und der angrenzende Theil

[1] Vgl. Waller, *Dies Archiv.* 1878. S. 525—534.

des Vorhofes vom übrigen Theile desselben abgetrennt sind. Der Rand des Vorhofes wird zwischen den beiden erstgenannten Fäden eingeschnitten, die Trabekeln mit grosser Vorsicht lospraeparirt und die Spitze des Stabes in den so geöffneten Raum eingeführt und dort eingebunden. Die Schleife wird gelöst, der Stab mit sehr leiser Gewalt in die Vorhöfe geschoben, die Scheidewand, durchgestossen und der Stab noch weiter in den rechten Vorhof vorgeschoben, bis seine Spitze gegen die laterale Wand des rechten Vorhofes drückt. Dann wird um diese Spitze ein Faden stark gebunden und die Wand über der Spitze durchgestossen.

Der nicht durchlöcherte Theil (*b* bis *c*) des Stabes liegt jetzt in den Vorhöfen. Es gilt nun den Theil *a* bis *b* einzuführen; dies geschieht dadurch, dass ein Gehülfe den Faden am linken Vorhof löst und der Operateur die beiden zuerst eingebundenen Fäden mit seiner rechten Hand fasst und mit der linken den Stab vorwärts schiebt, bis das Loch des Stabes in den Vorhöfen liegt. Dies lässt sich sehr rasch vollbringen und man braucht dabei nicht mehr wie $^1/_2$—1 ^{Ccm} Blut zu verlieren. Dann bindet man mit feinen Fäden links und rechts die Vorhofswände um den Stab und schneidet alle anderen, jetzt überflüssigen Fäden weg. Es ist selbstverständlich, dass der Stab so gestellt werden muss, dass das Loch *a* bis *b* in der Richtung des Blutstromes liegt und die ausgebogenen Kanten gegen die vorderen und hinteren Wände der Vorhöfe gekehrt sind.

Das Anschrauben von Schienen ist mit keiner Schwierigkeit verbunden. Um ganz gut auf den Stab zu passen, haben sie nahe an ihren Enden Stiftchen, welche in die entsprechenden Löcher im Stabe gehen.

Wenn das Herz in dieser Weise abgeklemmt ist, so wird hierdurch die Blutströmung nur insofern verhindert, als durch das Atriotom die Mündung der linken Vena cava superior zugedrückt wird; sonst ist die Strömung des Blutes nur insofern beeinträchtigt, als dass das Blut des rechten mit demjenigen des linken Herzens in Folge der Zerstörung der Scheidewand gemischt wird.

Die Durchschneidung der Vorhofswände geschieht am besten mittelst eines rechtwinkelig gebogenen Messers mit scharfer Schneide. Bei der Durchschneidung der vorderen Wand müssen die grossen Gefässe mittelst eines stumpfen Hakens abgehoben werden.

Im Beginn meiner Versuche transfundirte ich nach der Operation defibrinirtes Kaninchenblut durch die Vena jugularis externa, um den Blutverlust zu decken. Später fand ich jedoch, dass dieses ganz unnöthig ist, denn bei einiger Uebung kann man die ganze Operation, einschliesslich der Anlegung des Atriotomes, beendigen, ohne dass das Thier einen bedeutenderen Blutverlust erleidet.

Um die Herzschläge zu registriren, benutzte ich anfangs eine Marey'sche Luftkapsel; später lernte ich, dass der Druck im arteriellen Systeme auch beim abgeklemmten und durchschnittenen Herzen genügend gross ist, um die Anwendung des Manometers zu gestatten. Vollständig bestätigend die Ergebnisse Wooldridge's zeigen also meine Versuche,

dass der vollständig von dem nervösen Zusammenhang mit den Vorhöfen abgetrennte Theil des Herzens, d. h. die Herzkammern und die Atrioventricularklappen sammt dem nächst daran stossenden ganz kleinen Theil der Vorhöfe sich in rhythmischer Schlagfolge contrahiren können, und also in sich selbst alle Bedingungen für die rhythmische Thätigkeit besitzen.

Nachdem das Atriotom angelegt ist, setzen die Herzkammern ihre Bewegungen ruhig fort; die Stärke der Herzschläge scheint dadurch nicht erheblich vermindert zu sein und wenn nicht äussere schädigende Einflüsse dazwischen kommen, können die Herzkammern noch sehr lange rhythmisch pulsiren. Ihr Rhythmus wird aber durch die Anlegung des Atriotoms verändert: die Herzschläge werden seltener und ihre Zahl nimmt allmählich, jedoch im Allgemeinen sehr langsam, ab. Als Beispiele theile ich die folgenden Versuche mit; um eine Vorstellung von der Kraft der Herzschläge zu geben, habe ich auch die zugehörigen Mittelwerthe des Blutdruckes aufgenommen.

Versuch 3. 27. März 1884.

Vor Anlegung des Atriotomes.

Pulsfrequenz. in 5″.	Blutdruck. Mm. Hg.
16·5 bis 17·5	74

Atriotom angelegt.

	Pulsfrequenz in 5″.	Blutdruck.[1] Mm. Hg.	Bemerkungen.
Nach 10″[2]	13	98	
70″	11·5	110	
130″	15	90	40″ früher Athmungssuspension während 15″.
170″	12	76	

[1] In diesem, sowie in den zwei folgenden Versuchen wird in der Columne „Blutdruck“ der Mitteldruck während der entsprechenden Periode von 5″ angegeben.

[2] Sämmtliche Zeitangaben beziehen sich auf die ganze Zeit seit der Anlegung des Atriotomes, bez. der Durchschneidung.

Vorhöfe durchgeschnitten. Hinten vollständig, vorn bleiben noch zwei kleine Brücken, jede von weniger als 0·3 mm Breite.

	Pulsfrequenz in 5″.	Blutdruck. Mm. Hg.	Bemerkungen.
Nach 38″	12	62	
88″	10·5	62	
138″	11	66	
188″	10·7	34	
288″	9·5	40	
388″	10·5	36	

Versuch 2. 8. März 1884.

Vor der Anlegung des Atriotomes.

Pulsfrequenz. in je 5″	Blutdruck. Mm. Hg.
21 bis 22	86

Atriotom angelegt.

	Pulsfrequenz in je 5″.	Blutdruck Mm. Hg.	Bemerkungen.
Unmittelbar	7	44	
Nach 40″	7	48	
120″	7	60	20″ früher Athmungssuspension während 60″.
200″	7	46	
215″	7·5	46	

Vorhöfe durchgeschnitten. Vorn vollständig; hinten bleibt eine kleine, höchstens 0·3 mm breite Brücke.

	Pulsfrequenz in je 5″.	Blutdruck Mm. Hg.
Unmittelbar	7·5	42
Nach 35″	6·5	36

Thier verblutet.

Versuch 4. 29. April 1884.

Vor der Anlegung des Atriotomes.

Pulsfrequenz in je 5″	Blutdruck Mm. Hg.
18·5 bis 19·5	92

Atriotom angelegt.

	Pulsfrequenz in je 5″	Blutdruck Mm. Hg.	Bemerkungen.
Unmittelbar	?	94	Die Pulsfrequenz kann nicht angegeben werden, weil die Zeit nicht geschrieben ist.
Nach 180″	15	66	60″ früher Athmungssuspension während 40″.
200″	15	64	

Vorhöfe durchgeschnitten; vollständig.

	Pulsfrequenz in je 5″	Blutdruck Mm. Hg.	Bemerkungen.
Unmittelbar	14	50	
Nach 125″	13·5	58	65″ früher Athmungssuspension während 50″.
225″	15	76	40″ früher Athmungssuspension während 45″.
425″	14	68	in der Zwischenzeit mehrere Mal Delirium in Folge directer Herzreizung.
595″	14	60	do.
675″	13·5	54	do.
715″			Thier verblutet.

Ich möchte die Aufmerksamkeit speciell auf den Versuch 4 lenken. Trotzdem dass das Herz durch directe Reizung mehrere Mal in Delirium gebracht worden ist, fahren die von den Vorhöfen vollständig abgetrennten Kammern im alten Rhythmus fort zu schlagen, sobald das Delirium vorüber ist. Dies zeigt, dass die Bedingungen für die rhythmische Schlagfolge, obwohl sie durch eine starke Herzreizung momentan gestört werden können, denn doch eine nicht unbedeutende Widerstandsfähigkeit haben und bald nach dem Ende der Reizung wieder hergestellt werden.

Bei allen drei Versuchen sinkt nach der Abklemmung die Zahl der Herzschläge mehr oder weniger und nimmt während des Versuches fortwährend ab, obgleich nicht bedeutend. Beim Versuch 2 sinken die Herzschläge im Zeitraum von ungefähr 250″ nur von 7 auf 6·5 in 5″. Dabei muss bemerkt werden, dass die Abnahme der Herzschläge gleich nach der Anlegung des Atriotomes eine sehr starke ist (von 21 auf 7). Bei den anderen Versuchen ist diese anfängliche Herabsetzung lange nicht so gross, nämlich von 16·5 bis 17·5 auf 13 (Versuch 3) und von 18·5 bis 19·5 auf 15 (Versuch 4). Im Versuch 4 sinken die Herzschläge von 15 auf 13·5 nach 325″, steigen dann wieder auf 15 und gehen erst nach 875″ auf 13·5 zurück. Die Variationen im Rhythmus beim abgeklemmten Herzen sind also nicht sehr bedeutend.

Mit Rücksicht auf die Construction des Atriotomes ist es von vorn herein zu erwarten, dass schon das Anschrauben der Schienen gegen den Stab die nervöse Verbindung aufheben wird. Diese Voraussetzung wird auch durch die Versuche bestätigt. Bei den Versuchen 2 und 3 ist die Zahl der Herzschläge unmittelbar vor und unmittelbar nach der Durchschneidung vollkommen unverändert; beim Versuch 4 ist die Zahl der Herzschläge freilich um 1 kleiner nach der Durchschneidung; doch variirten die Herzschläge sogar vor der Anlegung des Atriotomes um ebensoviel. Die kleinen Brücken, welche in den Versuchen 2 und 3 nach der Durchschneidung stehen geblieben sind, bedeuten natürlich nichts, denn durch das starke Anschrauben, welches nöthig ist, damit die Vorhofswände nicht aus dem Atriotom gleiten, ist es nicht wohl möglich, dass ein Nervenstamm darin unversehrt hätte passiren können.

Wir wenden uns jetzt zu den Blutdruckschwankungen. Nur im Versuch 2 sinkt der Blutdruck gleich nach der Anlegung des Atriotomes ganz entschieden (von 86 auf 44 mm); dieser Versuch ist aber derselbe, in dem die grosse Verminderung der Pulsfrequenz stattgefunden hat. Bei den übrigen Versuchen ist der Druck im Beginn unverändert, beim Versuch 3 sogar erhöht. Allmählich weicht jedoch der Druck, freilich langsam, aber stetig. Eine Ursache dazu liegt natürlicher Weise in der abnormen Communication zwischen den beiden Vorhöfen, in Folge dessen ein grösserer Theil des Blutes in die rechte Kammer fliessen muss, weil da die Widerstände kleiner sind als in der linken. Es ist ja nicht unmöglich, dass dieser abnorme Kreislauf sich allmählich ausbildet. Dann bekommt das linke Herz immer weniger Blut und der arterielle Druck sinkt fortwährend. Dass die Ernährung des Herzens dabei leiden muss, ist selbstverständlich. Jedenfalls ist es sehr bemerkenswerth, dass bei meinem Herzpraeparat noch ungefähr 1000″ nach der Abklemmung ein Druck von 54 mm Quecksilber im arteriellen Systeme bestehen kann (Versuch 4). Noch muss bemerkt werden, dass die

respiratorischen Schwankungen des Blutdruckes sehr wenig, oft fast gar nicht ausgeprägt sind und allmählich mehr und mehr abnehmen, eine natürliche Folge der Zerstörung der Scheidewand.

Als Beispiel, wie lange ein Herz, wenn es gröberen Angriffen nicht ausgesetzt ist, seine rhythmische Schlagfähigkeit nach der Abklemmung bewahrt, möge der folgende Versuch dienen. Die Aufzeichnung der Herzschläge geschah mittelst einer Marey'schen Luftkapsel. Die Zahl der Herzschläge vor der Abklemmung ist leider nicht angegeben.

Versuch 1. 26. Februar 1884.

Atriotom angelegt.

	Pulsfrequenz in je 5″.
60″ nach der Abklemmung.	12·5
Nach 165″	13
200″	12·5
250″	13
350″	12·5
600″	12·5

Vorhöfe durchgeschnitten; vorn vollständig; hinten bleibt eine Brücke von weniger wie 0·3 mm.

	Pulsfrequenz in je 5″	Bemerkungen.
Unmittelbar	13	Die Zeit ist von Beginn der Abklemmung gerechnet.
1175″	12·5	
1300″	11·5	
1600″	11	

Später directe Reizung der Herzoberfläche, Delirium, Tod.

Die Beobachtung von Wooldridge, dass beim abgeklemmten Herzen der Vagus keine Wirkung hat, kann ich vollständig bestätigen. Bei allen Versuchen prüfte ich vor der Abklemmung die Functionsfähigkeit des Vagus und vermisste nie eine sehr ausgeprägte Wirkung; nach der Abklemmung war aber die stärkste Reizung ganz erfolglos. Der Vagus sendet also Fäden nach den Kammern nur durch die Vorhöfe. Ich citire folgende Versuche:

Versuch 1. 26. Februar 1884. (Siehe oben).

Atriotom angelegt; Vorhöfe nicht durchgeschnitten.

Pulsfrequenz in . .	5″	12·5;	Puls. in 1″ 2·5
Vagus gereizt . .	8″	18·5;	„ „ „ 2·3
Unmittelbar nachher	5″	11·5;	„ „ „ 2·3
	5″	12·5;	„ „ „ 2·5
	5″	12·0;	„ „ „ 2·4
	5″	13·0;	„ „ „ 2·6
Vagus gereizt . .	5″	12·0;	„ „ „ 2·4
Unmittelbar nachher	5″	12·5;	„ „ „ 2·5
	5″	12·5;	„ „ „ 2·5

Versuch 8. 22. Mai 1884.

Atriotom angelegt.

				Blutdruck[1] Mm. Hg.
Pulsfrequenz in . .	5″	11·5;	Puls. in 1″ 2·3;	58
Linker Vagus .	6¼″	13·5;	„ „ „ 2·2;	58
Unmittelbar nachher	3″	7·0;	„ „ „ 2·3;	58
	5″	11·5;	„ „ „ 2·3;	55
	5″	11·3;	„ „ „ 2·3;	54

Vorhöfe durchgeschnitten; vollständig.

Pulsfrequenz in . .	5″	12·5;	Puls. in 1″ 2·5;	54
Linker Vagus .	8″·5	21·0;	„ „ „ 2·5;	64
Unmittelbar nachher	2″·5	6·5;	„ „ „ 2·6;	62
	5″	12·5;	„ „ „ 2·5;	58
Rechter Vagus . .	6¾″	16·7;	„ „ „ 2·5;	54
Unmittelbar nachher	2¼″	5·5:	„ „ „ 2·4;	54
	5″	12·5;	„ „ „ 2·5;	56
	5″	11·5;	„ „ „ 2·3;	57
	5″	12·5;	„ „ „ 2·5;	54
Linker Vagus .	14″·5	36·0;	„ „ „ 2·5;	54
2″ nachher . . .	5″	11·8;	„ „ „ 2·4;	54
	5″	12·0;	„ „ „ 2·4;	54

Die Vagusreizung hat also keinen Einfluss, weder auf die Zahl der Herzschläge, noch auf die Höhe des Blutdruckes.

[1] Mitteldruck der entsprechenden Periode.

Die directe Reizung der Herzkammern mittels Inductionsströme habe ich mehrere Male ausgeführt, entweder nahe der Mündung der Arteria pulmonalis oder in der Mitte der Herzoberfläche. Eine schwache Reizung ruft keine merkbare Veränderung hervor, weder in der Zahl der Herzschläge, noch im Blutdruck; eine stärkere Reizung hat Delirium zur Folge. Wenn die Reizung aber nicht zu stark ist, so erholt sich das Herz nachher; der Blutdruck steigt und erreicht zuweilen sogar einen höheren Stand, wie vor der Reizung. Diese Erhöhung dauert jedoch nur kurze Zeit und der Blutdruck sinkt allmählich wieder. Ist die Reizung zu stark, so stirbt das Herz. Obwohl diese Ergebnisse schon für das unversehrte Herz grössten Theils bekannt sind, erlaube ich mir jedoch einige Auszüge aus meinen Versuchsprotokollen mitzutheilen, weil diese Versuche die ersten am abgeklemmten Herzen angestellten sind. Betreffs der Versuche muss ich noch bemerken, dass jede folgende Reizung immer stärker als die vorhergehende gewesen ist.

Versuch 4. 29. April 1884. (Siehe oben).

Vorhöfe durchgeschnitten.

			Blutdruck am Anfang der entsprechenden Periode. Mm. Hg
Pulsfrequenz in . .	5″ 15;	Puls. in 1″ 3;	76
	5″ 15;	„ „ „ 3;	74
	5″ 14;	„ „ „ 2·8;	70
Nach 4″			
Pulmonalis gereizt .	3″ 3/4 10;	„ „ „ 2·7;	60
Unmittelbar nachher	3″·5 10;	„ „ „ 2·8;	56
Pulmonalis ger. . .	6″·5 18;	„ „ „ 2·7;	54
Unmittelbar nachher	5″ 14;	„ „ „ 2·8;	50
Pulmonalis ger. 4″;	Delirium;	kleinster Druck	44
Nach 7″			70
Pulsfrequenz in . .	5″ 14;	Puls. in 1″ 2·8;	74
	5″ 13;	„ „ „ 2·6;	72
	5″ 14;	„ „ „ 2·8;	68
	5″ 14;	„ „ „ 2·8;	66
	5″ 14·5;	„ „ „ 2·9;	64
Nach 34″		Blutdruck	38
Pulmonalis ger. 4″;	Delirium;	kleinster Druck	22
	Nach 3″		

			Blutdruck am Anfang der entsprechenden Periode. Mm. Hg.
Pulsfrequenz in . .	5″ 13;	Puls. in 1″ 2·6;	26
	5″ 13·5;	„ „ „ 2·7;	62
	5″ 12;	„ „ „ 2·4;	64
Pulmonalis ger. 5·5″;	Delirium;	kleinster Druck	24
	Nach 4·5		
Pulsfrequenz in . .	5″ 13;	Puls. in 1″ 2·6;	32
	5″ 13;	„ „ „ 2·6;	62
Pulsfrequenz in . .	5″ 14;	Puls. in 1″ 2·8;	60
	5″ 14;	„ „ „ 2·8;	60
Pulmonalis ger. 5″;	Delirium;	kleinster Druck	28
	Nach 5″		
Pulsfrequenz in . .	5″ 14;	Puls. in 1″ 2·8;	56
	5″ 13·5;	„ „ „ 2·7;	74
	5″ 13·5;	„ „ „ 2·7;	66
	5″ 14;	„ „ „ 2·8;	56
	5″ 14;	„ „ „ 2·8;	52
	u. s. w.		

In ähnlicher Weise wie beim unversehrten Herzen steigt beim abgeklemmten durch Erstickung der Blutdruck. Bei der Erstickung bleibt die Zahl der Herzschläge fast unverändert, obgleich der Druck dabei sehr beträchtlich steigen kann. Dies ist übereinstimmend mit der Erfahrung Marey's, welcher fand, dass bei durchschnittenen Vagis eine Drucksteigung nicht wie sonst von einer Verminderung der Herzpulsationen begleitet wird. Beispiel:

Versuch 4. 29. April 1884. (Siehe oben).

Vorhöfe durchgeschnitten.

	Pulsfrequenz in je 5″.	Blutdruck am Anfang der entsprechenden Periode. Mm. Hg.
	14	50
	14	50
Athmung suspendirt.	14·5	50
Athmung suspendirt.	14·5	52
Athmung suspendirt.	14·5	62
Athmung suspendirt.	14·5	76
Athmung suspendirt.	14	92
Athmung suspendirt.	15	102

[1] Marey, *La circulation du sang.* Paris 1881. p. 348.

Nachdem ich soweit gekommen war, wollte ich untersuchen, in welcher Art partielle Zerstörungen der die Vorhöfe und die Kammern verbindenden Theile auf die Bewegungen der letzteren einwirken. Zuerst stellte sich die Frage, wie die Zerstörung der Scheidewand allein den Rhythmus der Kammern, ihre Abhängigkeit von Vagus u. s. w. beeinflusst. Es ergab sich, dass die Scheidewand in dieser Beziehung keine sehr grosse Bedeutung hat, denn die durch ihre Zerstörung bedingten Veränderungen sind im Allgemeinen lange nicht so gross, wie diejenigen, welche wir bis jetzt kennen gelernt haben. Die Zahl der Herzschläge ist unerheblich vermindert; der Vagus ist fortwährend wirksam, obgleich, wie es scheint, weniger kräftig wie sonst; der Blutdruck sinkt aber in Folge der abnormen Verbindung zwischen den beiden Vorhöfen. Die folgenden Versuche sollen diese Thatsachen beweisen.

Versuch 7. 8. Mai 1884.

Vor Anlegung des Atriotomes.

Pulsfrequenz in je 5″.	Blutdruck am Anfang der entsprechenden Periode. Mm. Hg.
19	88
19	104
19·5	100

u. s. w.

Stab durchgeführt.

18	42
18·5	60
18	72

Nach 8″ (Vagusreizung; siehe unten).

16·5	62
15	64
14	64

Nach 12″ (Vagusreizung; siehe unten).

17·5	70
18	68
18	62

u. s. w.

Versuch 8. 22. Mai 1884.

Vor der Anlegung des Atriotomes.

Pulsfrequenz in je 5″.	Blutdruck am Anfang der entsprechenden Periode. Mm. Hg.
22	158
21	176
22·5	170
21·5	168
Stab durchgeführt.	
19	150
Nach 15″	
19	124
19	128
18·5	126
18·5	124
18	122
18	126
Nach 8″ (Vagusreizung; siehe unten).	
18	134
18·5	114
18·5	118
18	120
18	150
Nach 10″ (Vagusreizung; siehe unten).	
18	172
18·5	156
20	138

Um den Einfluss der Vagusreizung zu zeigen, stelle ich die hierher gehörigen Beobachtungen aus denselben Versuchen hier zusammen.

Versuch 7. 8. Mai 1884.

Stab durchgeführt.				Blutdruck am Anfang der entsprechenden Periode. Mm. Hg.
Pulsfrequenz in . .	5″	18;	Puls. in 1″ 3·6;	72
	3″·5	13;	„ „ „ 3·7;	78

					Blutdruck am Anfang der entsprechenden Periode. Mm. Hg.	
Linker Vagus . .	3″·25	7;	Puls. in 1″	2·1;	56[1]	
Unmittelbar nachher	2″	5·5;	„ „ „	2·8;	64	
	5″	16·5;	„ „ „	3·3;	62	
	5″	15;	„ „ „	3·0;	64	
	5″	14;	„ „ „	2·8;	64	
	8″·5	20;	„ „ „	2·4;	72	(starke Arhythmie)
Rechter Vagus . .	3·25″	6;	„ „ „	1·8;	56[1]	
Unmittelbar nachher	6″·5	20·5;	„ „ „	3·1;	70.	

Versuch 8. 22. Mai 1884.

Stab durchgeführt.

Pulsfrequenz in .	5″	18;	Puls. in 1″	3·6;	126	
Linker Vagus . .	2″·8	5;	„ „ „	1·9;	98	(tiefster Stand).
Unmittelbar nachher	5″·25	15·5;	„ „ „	2·9;	110	
	5″	18;	„ „ „	3·6;	132	
	5″	18;	„ „ „	3·6;	150	
Rechter Vagus . .	2″·8	5;	„ „ „	1·9;	110	(tiefster Stand).
Nach 1·5″ . . .	5″	13·5;	„ „ „	2·7;	124	
	5″	18;	„ „ „	3·6;	172	

Endlich habe ich einige Versuche angestellt über die Folgen einer partiellen Zerstörung der äusseren Vorhofswände, inclusive der Scheidewand. Leider sind diese Versuche nicht zahlreich genug gewesen, um die Frage vollständig zu beantworten. Weil aber die Ergebnisse, so wie sie jetzt vorliegen, doch nicht ganz ohne Interesse sind, erlaube ich mir dieselben hier mitzutheilen, in der Hoffnung einmal diese Beobachtungen vervollständigen zu können. Um eine partielle Abklemmung auszuführen liess ich mir Schienen zum Atriotom machen, welche aus je zwei Stücken bestanden und genau auf den Stab passten (vgl. Holzschnitt 6). Die beiden Stücke liessen in der Mitte einen grösseren oder kleineren Raum frei. Ich habe nur ein Paar benutzt; dieses liess die Mitte des Herzens in einer Ausdehnung von 6 ^{mm} frei. Durch zweckmässige Combination von Schienen verschiedener Grösse

[1] Bei Vagusreizung ist der tiefste Stand des Blutdruckes angegeben.

kann man natürlich verschiedene Stellen der Vorhofswände beliebig abklemmen. Die partielle Abklemmung in der Ausdehnung, wie ich sie bis jetzt geübt habe, scheint in ganz derselben Weise wie die totale Abklemmung zu wirken. Die Zahl der Herzschläge wird ungefähr in demselben Maasse herabgesetzt, der Vagus hat nunmehr keine deutlich ausgesprochene Wirkung u. s. w. Ich brauche daher nicht noch weiter über diese Erscheinungen zu handeln, sondern verweise den Leser auf die folgenden Versuchsbeispiele. Es ist klar, dass man durch zweckmässige Variationen der partiellen Abklemmung dem Verlauf der Vagusfäden am Vorhof sehr genau nachgehen kann. In der Mitte der Vorhofswand scheinen keine bedeutenderen Aeste zu laufen.

A.

Vorhöfe hinten vollständig abgeklemmt, vorn die Mitte in einer Ausdehnung von 6^{mm} frei.

Versuch 6. 1. Mai 1884.

Vor der Anlegung des Atriotomes.

Pulsfrequenz in je 5″.	Blutdruck am Anfang der entsprechenden Periode. Mm. Hg.
17·5	96
17·5	106

Atriotom angelegt.

Nach 30″					Blutdruck	
Pulsfrequenz in .	5″	9;	Puls. in 1″	1·8;	70	
	5″	8;	„ „ „	1·6;	66	
	5″	8·5;	„ „ „	1·7;	64	
Linker Vagus . .	11·5″	22;	„ „ „	1·9;	56	(tiefster Stand).
Pulsfrequenz in .	5″	9·5;	„ „ „	1·9;	60	
	5″	10·5;	„ „ „	2·1;	70	
	5″	10·0;	„ „ „	2·0;	74	
Linker Vagus . .	6·5″	12·5;	„ „ „	1·9;	68	(tiefster Stand).
	5″	11·0;	„ „ „	2·2;	74	
	5″	10·5;	„ „ „	2·1;	72	
	5″	10·0;	„ „ „	2·0;	72	

Pulsfrequenz in .	5″	8·8;	Puls. in 1″	1·8;	68	
	5″	8·5;	„ „ „	1·7;	68	
Linker Vagus . .	3″	5·5;	„ „ „	1·8;	64	(tiefster Stand).
	4″	7·5;	„ „ „	1·9;	66	
Rechter Vagus . .	5″	9·5;	„ „ „	1·9;	62	(tiefster Stand).
	5″	10;	„ „ „	2·0;	56	

Versuch 7. 8. Mai 1884. (Beginn siehe oben.)

Atriotom angelegt;

Nach 32″					Blutdruck am Anfang der entsprechenden Periode. Mm. Hg.	
Pulsfrequenz in .	5″	9·5;	Puls. in 1″	1·9;	44	
	5″	9·5;	„ „ „	1·9;	50	
Linker Vagus . .	3·75″	7;	„ „ „	1·9;	40	(tiefster Stand).
	5″	10·5;	„ „ „	2·1;	40	
	5″	10·5;	„ „ „	2·1;	36	
Pulsfrequenz in .	5″	8·5;	„ „ „	1.7;	38	
	5″	8·5;	„ „ „	1·7;	38	
Linker Vagus . .	4″	8;	„ „ „	2;	40	(tiefster Stand).
	5″	9·5;	„ „ „	1·9;	40	
	5″	8·5;	„ „ „	1·7;	34	
	5″	8;	„ „ „	1·6;	32	
	5″	7·5;	„ „ „	1·5;	34	
Rechter Vagus . .	3·75″	5·75;	„ „ „	1·5;	34	(tiefster Stand).
	7·5″	10·5;	„ „ „	1·4;	46	

Versuch 8. 22. Mai 1884. (Beginn, siehe oben.)

Atriotom angelegt.

Nach 105″					Blutdruck am Anfang der entsprechenden Periode. Mm. Hg.	
Pulsfrequenz in .	5″	14;	Puls. in 1″	2·8;	102	
	5″	13·5;	„ „ „	2·7;	102	
	5·75″	15;	„ „ „	2·7;	90	
Linker Vagus . .	16″	39;	„ „ „	2·5;	84	(tiefster Stand).
	3·75″	9·5;	„ „ „	2·5;	82	
	5″	12;	„ „ „	2·4;	84	

				Blutdruck am Anfang der entsprechenden Periode. Mm. Hg.	
Pulsfrequenz in .	5″	12·5;	Puls. in 1″ 2·5;	78	
	5″	11;	„ „ „ 2·2;	78	
	5″	11;	„ „ „ 2·2;	80	
Rechter Vagus . .	8″	17·5;	„ „ „ 2·2;	68	(tiefster Stand).
	5″	11;	„ „ „ 2·2;	68	

B.

Vorhöfe vorn vollständig abgeklemmt; hinten die Mitte in einer Ausdehnung von 6 mm frei.

Versuch 6. 5. Mai 1884.

Vor der Anlegung des Atriotomes.

Pulsfrequenz in je 5″.	Blutdruck am Anfang der entsprechenden Periode. Mm. Hg.
18	102
17·5	106

Atriotom angelegt.

Nach 90″.				Blutdruck.	
Pulsfrequenz in .	5″	12·8;	Puls. in 1″ 2·6;	54	
	5″	12·5;	„ „ „ 2·5;	52	
Linker Vagus . .	3″	6·8;	„ „ „ 2·4;	46	(tiefster Stand).
Nach 2″	5″	13·5;	„ „ „ 2·7;	48	
	5″	13;	„ „ „ 2·6;	56	
	5″	13·5;	„ „ „ 2·7;	54	
	5″	13·0;	„ „ „ 2·6;	56	
Linker Vagus . .	5″·5	13·0;	„ „ „ 2·4;	44	(tiefster Stand).
Nach 1″	5″	14·0;	„ „ „ 2·8;	46	
	5″	14″0;	„ „ „ 2·8;	50	
Pulsfrequenz in .	5″	13·0;	„ „ „ 2·6;	52	
Linker Vagus . .	3″	7·5;	„ „ „ 2·5;	44	(tiefster Stand).
	7″	18·5;	„ „ „ 2·6;	50	
	5″	13·5;	„ „ „ 2·7;	46	
Rechter Vagus . .	4″·5	11;	„ „ „ 2·4;	50	(tiefster Stand).

Die Erstickung und die directe Reizung der Kammern wirken in ganz derselben Weise, wie auf das vollständig abgeklemmte Herz.

Wie der Rhythmus der Vorhöfe nach der Abklemmung sich verhält kann ich nicht bestimmt angeben, weil ich wegen der grossen Schwierigkeiten bei diesen Versuchen meine ganze Aufmerksamkeit auf die Bewegungen der Kammern concentriren musste. Auch betrachte ich den ganzen Inhalt dieser Mittheilung nur als eine Vorarbeit für ein eingehenderes Studium der Innervation des Säugethierherzens. Die Thatsachen, die ich hier mitgetheilt habe, zeigen jedenfalls, dass man in ganz ähnlicher Weise wie am Froschherzen auch am Säugethierherzen den Functionen der einzelnen Theile nachgehen kann. Ein Vergleich zwischen Froschherz und Säugethierherz wird, bis wir ein reicheres thatsächliches Material besitzen, meines Erachtens, obwohl sehr nahe liegend, vorläufig nicht sehr ausgiebig sein.

Die Tafel bildet einige Theile der Versuche 3 und 8 ab, um zu zeigen, wie die Curve des Blutdruckes am abgeklemmten Herzen sich darstellt.

Stockholm, 30. September 1884.

Farbengleichungen.

Von

F. C. Donders.

I. Mischungen von Roth (λ 0·6705 μ) und Grün (λ 0·535 μ).

A. Vergleichungen mit Spectralgelb (λ 0·589).

(Unter Mitwirkung von Dr. Waelchli, Dr. Sulzer und Dr. Burnham.)

Bei den Vergleichungen von Gelb mit Mischungen von Roth und Grün, hatte Lord Rayleigh[1] bemerkt, dass das hierzu nöthige Verhältniss dieser Componenten bei verschiedenen Personen sehr variabel war. Die Mischung, die ihm selbst und den meisten Personen Gelb ergab, war für andere „hopelessly too red, almost as red as red sealing wax.“ Um Gelb zu erhalten, musste die Proportion von Roth stark verkleinert werden und für das gewöhnliche Auge war dann die Farbe entschieden grün.

Die Untersuchung wurde an 23 Männern, meist Studenten des Laboratoriums, vorgenommen. Von diesen 23 kamen, innerhalb der Fehlergrenze, 18 mit Lord Rayleigh überein. Bei fünf wurde eine Abweichung im genannten Sinn gefunden: bei drei Brüdern (ein vierter Bruder und eine Schwester waren normal) und bei noch zwei anderen. Lord Rayleigh nennt es: „an interesting peculiarity of colour vision, quite distinct of colourblindness“ und sagt ausdrücklich, dass ihr Farbensinn übrigens normal war.

Dieses Resultat war sehr überraschend. Sollte es zwei Classen von Augen geben mit normalem Farbensinn, verschieden allein hinsichtlich des Verhältnisses von Roth und Grün erforderlich zur Bildung von Gelb?

Bei der Wiederholung der Gleichungen machten wir Gebrauch von meinem früher beschriebenen Spaltapparat[2] mit drei Spalten: zwei neben-

---

[1] *Nature.* 1881. Vol. XXV. p. 64; — mitgetheilt in der *British Association.* 1881. Sept. 2.

[2] S. v. d. Weyde, Graefe's *Archiv.* Bd. XXVIII. 2. Abth. S. 1.

einander liegenden, gekoppelten, und einem unmittelbar unter den gekoppelten liegenden, in horizontaler Richtung verschiebbaren, einfachen. Der einfache Spalt gab uns das spectrale Gelb (auch jede andere beliebige Farbe), die gekoppelten die beiden einander deckenden Componenten, Roth und Grün. Die Schrauben beider befinden sich innerhalb des Bereiches des Beobachters: durch Drehen an der der gekoppelten erhält er gleiche Farbe, an der des einfachen gleiche Intensität. So wurde nicht allein das Verhältniss der Componenten, sondern auch (in der erforderlichen Weite des einfachen Spaltes) die Intensität der Mischung gefunden. Die Summe der Weite der gekoppelten Spalte brachten wir auf $1^{mm} = 100$ Scalentheilen. Als Lichtquelle diente eine starke Gasflamme (Brenner von Sugg, in einem Cylinder von 80^{cm} Höhe und 30^{cm} Durchmesser eingeschlossen), von welcher Spitze und Basis durch ein Diaphragma abgeschnitten wurden, so dass allein der constante 2^{cm} hohe Mitteltheil Licht zu dem matt geschliffenen weissen Glase, das als Lichtquelle diente, aussandte. Auf einen zweiten Spalt folgte nun ein kurzes plattes Rohr, das mit einer sammtenen Hülle dem Spaltapparat direct analog ist. Das Licht stellte sich als constant heraus, und es wurde dafür gesorgt, dass von jedem Punkt der Spalte die Strahlen ungehindert die gesammte Fläche der Collimatorlinse und von jedem Punkte des Prisma's die Collectivlinse erreichten.[1] Zwischen Prisma und Collectivlinse, unmittelbar vor der letzten, sind noch die Zwillingsprismen von v. Kries und v. Frey[2] angebracht: zwei sehr dünne Prismen mit ihrem brechenden Winkel in einer Horizontalen vereinigt.

So liefern die drei Spalte sechs Spectren: zwei einfache und zwei einander deckende Paare; und von diesen Spectren fällt ein einfaches und ein paariges in den Ocularspalt und zwar das untere der einander deckenden Paare und das obere der einfachen Spectra. Die anderen drei kommen ausserhalb des Ocularspaltes zu liegen. Das unmittelbar vor dem Spalt gebrachte Auge empfängt nun das gesammte durchtretende Licht der drei erstgenannten Spectren, das des einfachen etwas von unten her, das der gekoppelten etwas von oben her, welches Licht divergent bleibt und auf der Retina einen Kreis bildet (Fig. 1) entsprechend der Form der Collectivlinse, dessen untere Hälfte g das einfach und dessen obere Hälfte g' das gemischte Licht zeigt, beide allein durch eine horizontale Linie, die Verbindungslinie der Zwillingsspectren getrennt. Der Unterschied in der Rich-

[1] Wurde das Spectroskop bis zu einem Centimeter oder selbst mehr parallel zu dem matten Glase verschoben, mehr oder weniger gehoben, oder nicht vollkommen senkrecht auf das matte Glas gerichtet, so blieb dies ohne Einfluss auf die Gleichungen. Das Glas war also als Lichtquelle vollkommen geeignet.

[2] *Dies Archiv.* 1881. S. 336.

tung der grünen und rothen Strahlen ist die Ursache, dass die Kreise einander nicht genau decken und dass daher an der einen Seite grün *gr*, an der anderen Seite roth *r* etwas vorsteht.

Lord Rayleigh hatte als Componenten nicht näher bestimmtes Roth und Grün benutzt und als Spectralgelb auch nur ungefähr *D* genommen. Um feste vergleichbare Verhältnisse zu erhalten, wünschten wir von bestimmten Wellenlängen auszugehen und fanden die der Li-, Na- und Tl-Linie entsprechenden, bez. $\lambda = 0 \cdot 6705$, $\lambda = 0 \cdot 589$ und $\lambda = 0 \cdot 535$ sehr geeignet. Li-roth Li und Tl-grün Tl liefern eine Mischung von Gelb Na′, dessen Farbe dem Na-gelb Na vollkommen gleich ist und bei mittlerer Intensität in Sättigung wenig nachsteht, so dass die Gleichung leicht einzustellen ist. Die gewählten Farben haben noch den Vortheil, dass sie leicht zu finden und zu controliren sind. Auf die genaue Bestimmung des Li-roth kommt sehr viel an: die Lichtstärke verändert sich hier so rasch, dass eine Abweichung in der Wellenlänge von $0 \cdot 0005\,\mu$ in dem erforderlichen Verhältniss schon merkbar ist. Durch Drehen an der Schraube der gekoppelten Spalte erhält man die Mischungen von Roth und Grün in allen Verhältnissen, von reinem Roth mit Grün = 0 bis zu reinem Grün mit Roth = 0. Der Beobachter stellt die Farbe ein von Na und macht darauf die Intensitäten gleich durch Drehung an der Schraube des einfachen Spaltes, und ändert nun, wenn nöthig, wiederum abwechselnd die Farbe und die Intensität bis beide gleich sind. Auf der Trommel der gekoppelten Spalte ist nun das Verhältniss der Componenten, auf der des einfachen, die Intensität des der Mischung entsprechenden Na′ abzulesen.

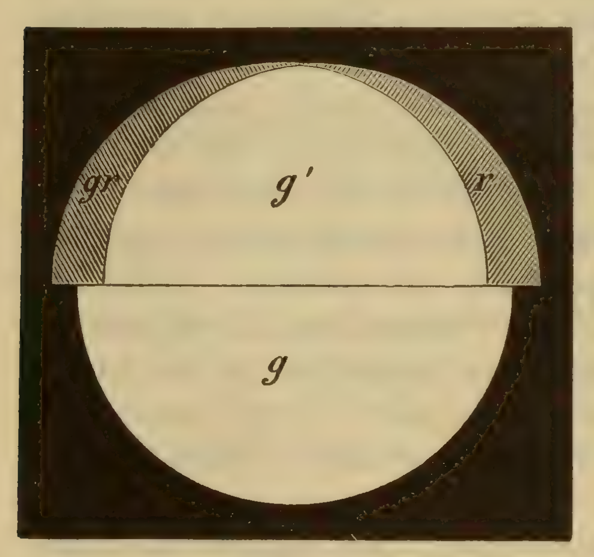


Fig. 1.

Das Resultat war, dass es wirklich zwei Kategorien giebt, wie Lord Rayleigh gefunden hat.

Von den untersuchten Personen gehörten 56 zur ersten Kategorie, 48 männlichen, 8 weiblichen Geschlechtes, erstere grössten Theils Studenten der Medicin und Docenten. Von den meisten wurden beide Augen (OD und OS) verglichen, und, wo ein deutlicher Unterschied war, die Gleichungen einzeln bestimmt. Sie erhielten von:

	31 Tl	69 Li	=	24·8 Na′
bis	23	77	=	18 Na′
im Mittel	27·4	72·6	=	

Der durchschnittliche Fehler m' (mittlere Abweichung vom Mittelwerth) bei einer Reihe von zehn Beobachtungen war:

	Donders	Waelchli		Burnham		Sulzer	
	OS	OD	OS	OD	OS	OD	OS
für Tl und Li	0·31	0.92	1·76	0·31	0·36	0·48	0·42
für Na	0·41	1·58	1·32	2·1	1·6	0·7	0·4

Also offenbar grösser für die Bestimmung von gleicher Intensität Na′ = Na als für gleiche Farbe Tl Li = Na′.

In zehn verschiedenen Tagen, eine Bestimmung per Tag, betrugen die Mittelwerthe und die Abweichungen:

	Tl	Li	ε'	Na	m'
Donders	29·8	70·2	0·45	24·6	1·27
Engelmann	25·7	74·3	0·94	23·4	1·8

In diesen Zahlen liegen alle Fehlerquellen, auch die der Zusammensetzung des Lichtes an verschiedenen Tagen.

Um auch bei weniger Geübten eine brauchbare Einstellung zu bekommen, wurde ihnen Fig. 1 erklärt und im Spectroskop gezeigt, während g und g' wenigstens ungefähr gleich waren. Sie mussten jetzt bei langsamer Drehung an der Trommel der gekoppelten Spalte sagen, in welchem Stand g röthlich, in welchem grünlich wurde, und hatten nachher selbst so einzustellen, dass g' = gelb war als g. Lag nun die Einstellung ungefähr in der Mitte zwischen beiden Einstellungen, wobei g' grünlich und röthlich wurde, dann wurde die Beobachtung als genügend erachtet; wurde darin gefehlt, dann wurde sie verworfen. In gleicher Weise wurde gehandelt mit der Einstellung der Intensität von Na′.

Bei weitaus den meisten liegt das verlangte Verhältniss von Tl und Li zwischen denen von Donders und Engelmann. Wir fanden:

Tl	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22
bei Personen	6	8	11	10	6	6	6	2	3	1.

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass es für die Anzahl der Personen nur ein Maximum giebt, entsprechend an 28·6, und dass alle also zu einer und derselben Kategorie gehören, wiewohl sie unter einander mehr variiren, als der Durchschnittsfehler für eine und dieselbe Person beträgt.

Unter 68 Personen war nur bei Dr. Sulzer ein sehr bedeutender Unterschied vorhanden zwischen:

OD 30· Tl 69·5 Li und
OS 19·8 Tl 80·2 Li.

Der Farbensinn dieser Augen soll unter IV durch Dr. Sulzer besonders behandelt und verglichen werden.

Neben dieser ersten Kategorie fanden wir unter unseren Studenten schon sogleich eine Vierzahl, wo das verlangte Verhältniss von Tl und Li ein ganz anderes war. Sie folgen als 57 bis 60 zur Vergleichung mit 1 und 2 der ersten Kategorie. Sie bilden offenbar die zweite Kategorie von Lord Rayleigh.

	Tl	Li	= Na	Li:Tl
57. Blonk, stud.	53·	46·7	= 26·2	0·88
58. Snel, stud.	48·7	51·3	= 26·8	1·05
59. van Dugteren, stud.	51·6	48·4	= 29·5	0·94
60. Persyn, stud.	53·6	46·4	= 29·6	0·87
1. Donders	29·8	70·2	= 24·6	2·34
2. Engelmann	25·7	74·3	= 23·4	2·89

Man sieht, dass die vier ersten Fälle ziemlich übereinstimmen, aber weit verschieden sind von den beiden letzten. Dieselben bilden also ohne Zweifel eine zweite Kategorie und zwar die zweite von Lord Rayleigh. Ist aber ihr Farbensinn im Uebrigen normal, wie Lord Rayleigh für seine Fälle annimmt? Wir fanden das Gegentheil: alle vier hatten einen herabgesetzten Farbensinn. Dies trat beim Entziffern der pseudo-isochromatischen Tafeln von Stilling sofort zu Tage und wurde auf andere Weise bestätigt. Hieraus liess sich vermuthen, dass im Allgemeinen die Fälle, für welche die gefundene Proportion galt, herabgesezten Farbensinn besitzen würden. Um hierüber Gewissheit zu erlangen, untersuchten wir einige Personen, deren herabgesetzter Farbensinn uns schon von früher her bekannt war, und einige andere, die unter den Studirenden leicht gefunden wurden. Im Allgemeinen bestätigten diese Fälle unsere Vermuthung. Nämlich:

	Tl	Li	= Na	Li:Tl
61. Verhoeff	67.9	32:1	= 26·1	0·47
62. s'Jacob	49	51	= 25	1·04
63. Fränkel	57·5	42.5	= 30·3	0·74
64. Koningsbergen	53·8	46·5	= 26·6	0.26
65. van Andel	57·7	42·3	= 26·7	0·73

Wir fanden aber auch einige Fälle von unvollkommenem Farbensinn, bei welchem das Verhältniss mit dem beim normalen Auge übereinkam. Nämlich:

	Tl	Li	= Na	Li:Tl
66. Goetsch	24	76	23·5	3·17
67. van den Broek	28·3	71·7	24·5	2·53
68. van Arkel	25·6	74·2	20	2·9

und umgekehrt in einem Falle (bei Prof. Schäfer, University College, London) fanden wir bei

Tl	Li	= Na	Li:Tl
58.2	41·8	20·4	0·72
61·4	38·6	24·2	0·63

den Farbensinn so gut als normal. Er stand im Allgemeinen und speciell in Bezug auf die Uebergänge zwischen Gelb und Grün dem von Prof. Donders kaum nach, und nur für das Sehen ausserhalb des gelben Fleckes wurde etwas schnellere Abnahme des Farbensinns constatirt. Für die drei Gebrüder B., die Lord Rayleigh untersuchte, möchte dasselbe der Fall gewesen sein: übrigens wird ein schwacher Farbensinn, wovon der Betreffende fast nie eine Ahnung hat, gewiss in vielen Fällen übersehen.

Bei wirklich Farbenblinden mit reinem Zweifarbensystem ist die Vergleichung Lord Rayleigh's nicht mehr ausführbar. Roth, Gelb und Grün gehören alle drei für sie zu ein und derselben, zu ihrer warmen Energie, und die Vergleichung zwischen diesen Farben und ihren Mischungen betrifft daher allein Intensität und Saturation. Der Spielraum ist dann so gross, dass die Vergleichungen wenig oder keinen Werth besitzen. Und dies gilt sogar für Fälle, wo bereits etwas mehr als ein reines Zweifarbensystem vorhanden ist. So fanden wir bei Scheltema und B. Snellen, bei denen im Ophthalmospectroskop von Glan aus Roth und Blau kein reines Weiss erhalten werden konnte, für die Vergleichung mit Spectralgelb 70 Tl 30 Li ebenso befriedigend als 70 Li 30 Tl. Bei gleicher Lichtstärke ist für sie der Unterschied zwischen Tl und Na sehr gering und das letztere kann auch in einem grösseren oder kleineren Theil durch Li ersetzt werden, ohne dass die Gleichung darunter leidet. Dass sie auch wenig empfindlich sind für Uebergänge von Gelb und Grün hatte sich mir schon früher auf andere Weise gezeigt.[1]

---

[1] Vgl. *Onderzoek. physiolog. Laborat. Utrecht.* 5. Serie. Bd. VII. S. 95.

B.

Vergleichungen von Mischungen von Lithiumroth und Thalliumgrün mit den dazwischenliegenden Spectralfarben.

(Unter Mitwirkung von Dr. Waelchli, Dr. Sulzer und Dr. Burnham.)

Auf gleiche Weise wie für die Vergleichungen mit Na bestimmten wir die Verhältnisse, in welchem Li und Tl erforderlich sind für die Vergleichungen mit allen zwischen der Li und Tl-Linie gelegenen Spectralfarben. Unser Spectroskop war auch hierfür eingerichtet: an den Componenten hatten wir nichts zu ändern, sie blieben Li und Tl, und jede Vergleichungsfarbe erhielten wir durch Verschiebung des einfachen Spaltes. Wir fanden als Resultat einer einzelnen Serie von Bestimmungen für:

λ	Donders			Engelmann			Blonk		
	Tl	Li	Intens.	Tl	Li	Intens.	Tl	Li	Intens.
0·6705	0	100	100	0	100	100	0	100	100
0·660	2·5	97·5	68·9	1·4	98·6	69·9	2·25	97·95	54·25
0·633	5·2	94·8	22·6	3·85	96·15	23·1	12·8	87·2	19·65
0·610	14·7	85·3	19·8	11·2	88·8	17·95	32·7	67·3	25·9
0·588	32·4	67·6	19·8	26·05	73·95	18·85	58	42	23·5
0·568	57	43	33·2	45·8	54·2	30·1	77·9	22·1	36·8
0·549	78·2	24·4	52·3	67·33	32·66	44·8	88·5	11·5	60·6
0·541	91·4	8·6	71·5	84·05	15·95	66·2	93·6	6·4	81
0·535	100	0	10	100	0	100	100	0	100

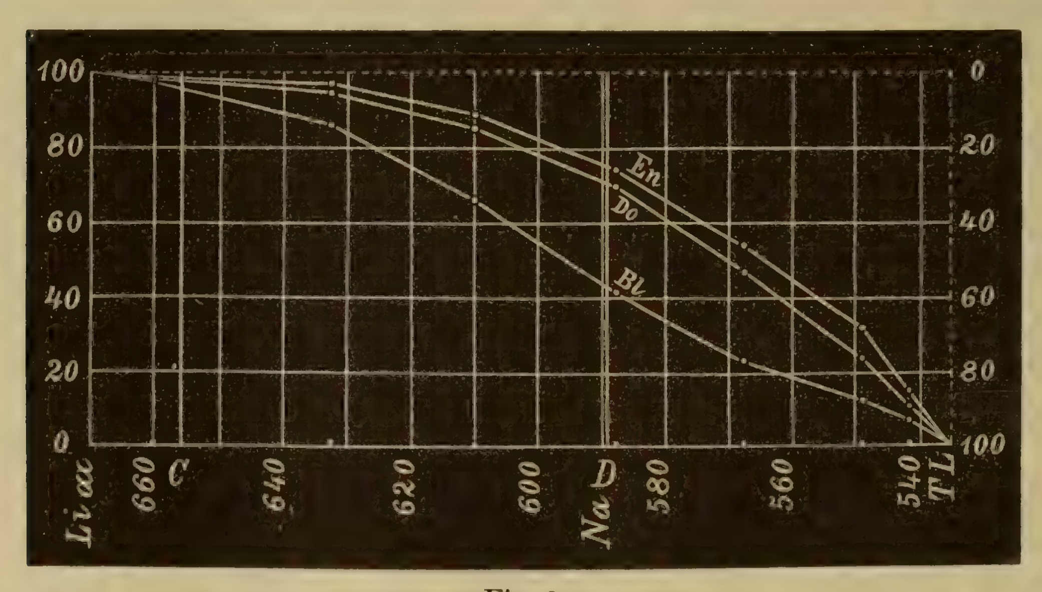


Fig. 2.

Diese Resultate liessen sich leicht durch Curven ausdrücken und zwar die für Li und TL, deren Summe constant = 100 ist, beide durch eine und dieselbe Curve (Fig. 2).

Die Abscisse der Curven ist das Interferenzspectrum und erstreckt sich von Li mit λ 0·6705 bis Tl mit λ 0·535; auf derselben sind die intermediären Wellenlängen und die Fraunhofer'schen Linien *C* und *D* angegeben. Die Verticale links, von unten nach oben in 100 Theile getheilt, ist die Li-Ordinate, die punktirte rechts von oben nach unten eingetheilt, ist die Tl-Ordinate, welche die obere (punktirte) Horizontale, die der unteren gleich ist, zur Abscisse hat. Die von jedem Punkt der Curve nach oben und nach unten gerichteten Ordinaten entsprechen daher den Mengen Li und Tl, wie sie mit den respectiven Weiten der gekoppelten Spalte gegeben sind. Man kann sie leicht, der Abscisse entsprechend, auf das Interferenzspectrum reduciren. Die Dispersion in unserem dioptrischen Spectrum bei Tl verhält sich zu der bei Li ungefähr = 1·9 : 1.

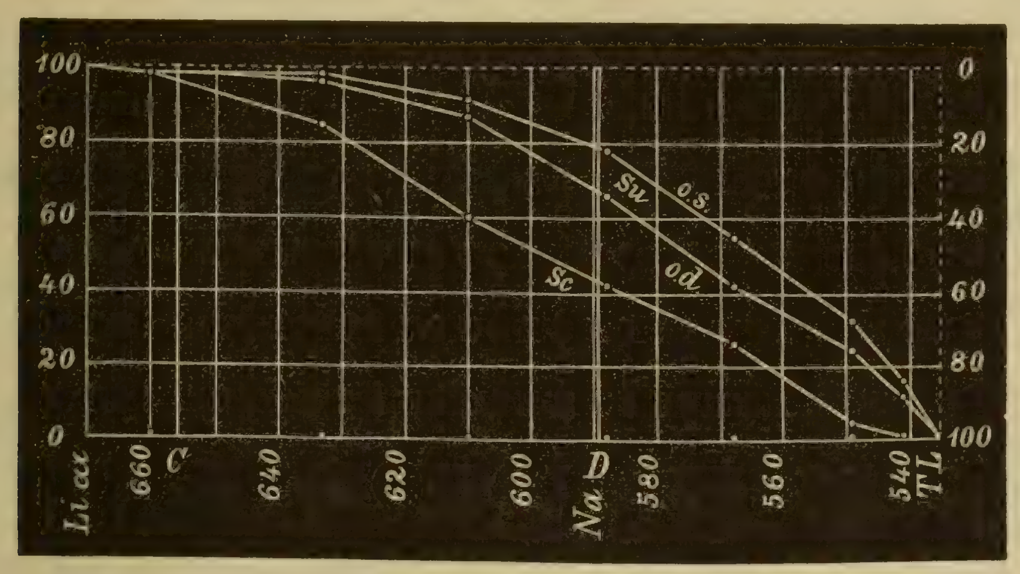


Fig. 3.

Wäre sie 1 : 1, wie im Interferenzspectrum, so würde der Lichtspalt 1·9 mal kleiner sein müssen. Behufs Reduction soll sie deshalb durch 1·9 getheilt werden und sodann muss die Summe dieses reducirten Werthes und des Werthes von Li noch auf 100 berechnet werden.

Die Curven wurden für eine grosse Anzahl Personen entworfen. Diejenigen von Augen mit normalem Farbensinn liegen grösstentheils zwischen der von Donders und Engelmann, die für Augen mit schwachen Farbensinn in der Nähe derjenigen von Blonk.

Die Resultate von Dr. Sulzer, die in mehr als einer Hinsicht wichtig sind, werden später (unter D) besonders mitgetheilt werden.

Aus dem oben Gesagten folgt, dass die Vergleichungen von Mischungen von Tl-Grün und Li-Roth mit Na-Gelb bestimmend sind für alle zwischen der Li und Tl-Linie gelegenen Spectralfarben. Dies gilt (soweit die Beobach-

tungen reichen) sowohl für die Curven einer und derselben Klasse als für die der beiden Klassen in Beziehung zu einander, — unabhängig von der Störung des Farbensinns, der den verschiedenen Fällen eigen ist.

Alle Curven kehren die convexe Seite nach oben (vgl. Figg. 2 und 3), woraus hervorgeht, dass, von der Li-Linie ausgehend, die Proportion für Tl-grün um so schneller steigt, je mehr man sich der Tl-Linie nähert. Wo die Curve nach oben etwas concav wird, verschwindet doch die Concavität bei Reduction des dioptrischen auf das Interferenzspectrum.

Die Regelmässigkeit der Curven einer einzelnen Reihe von Beobachtungen von *Do* und *En* (Fig. 1) und die Uebereinstimmung der zwei Serien einer aufsteigenden und einer absteigenden von Dr. Sulzer, die unter D folgen werden, zeugen von der Exactheit der Methode.

C. Grund der Verschiedenheit der beiden Kategorien von Rayleigh.

Bei unseren Bestimmungen (s. oben) von x Tl y Li = 9 Na′ fanden wir in der ersten Kategorie, der der normalen Augen, x:y

von	69 : 31	= 2·3 : 1
bis	77·8 : 22·2	= 3·33 : 1
mittel	72·6 : 27·4	= 2·65 : 1,

in der zweiten Kategorie, überhaupt Fälle von schwachen Farbensinn

von	51·3 : 48·7	= 1·053 : 1
bis	32·1 : 67·9	= 0·473 : 1
mittel	45 : 55	= 0·82 : 1

Auf 1 Tl kommt sonach bei normalen Farbensinn 2·65 Li, bei schwachem Farbensinn nur 0·82 Li, m. a. W. bei normalem Farbensinn wird 1 Tl neutralisirt durch 2·65 Li, bei schwachem Farbensinn durch 0·82 Li.

Die Frage ist, worauf dieser enorme Unterschied beruht.

In erster Linie dachten wir an einen Unterschied der bezüglichen Intensitäten von Li und Tl. Bei Grünblinden ist wirklich die Intensität des Grün im Spectrum relativ gering, und da schwacher Farbensinn auf dem Wege nach der Grünblindheit liegt, war Grund zu der Vermuthung vorhanden, dass das Verhältniss der Intensitäten zwischen Li und Tl auch dabei zum Nachtheil von Tl ausfallen würde. Die Untersuchung bestätigte dies aber nicht. Für 10 Augen mit normalem und 10 mit schwachem

Farbensinn wurde das Verhältniss der relativen Intensitäten von Na : Li und Na : Tl bestimmt und aus diesen beiden das Verhältniss von Tl : Li berechnet.

Folgende Tabelle enthält die Resultate:

Für normalen Farbensinn. Für schwachen Farbensinn.

Name	Na 10 = Li	Na 10 = Tl	Tl 1 = Li	Name	Na 10 = Li	Na 10 = Tl	Tl 1 = Li
E. . . .	54·6	25·5	2·1	B. . . .	45	23·6	1·9
D. . . .	60·8	19·8	3	V. D. . .	68·8	20·4	3·4
B. . . .	49·7	21·9	2·3	S. . . .	77·4	32·8	2·3
N. . . .	52·5	21·2	2·5	V. A. . .	72	26	2·8
D. T. . .	53·3	25	2·1	S. . . .	69.9	20·4	3·4
C. . . .	60·5	30·6	2	s'J. . . .	81	27	3
E. . . .	53	25·4	2·1	V. P. . .	61·1	19·5	3·1
K. . . .	26·9	17·3	1·6	F. . . .	77·5	22·5	3·4
H. . . .	32·4	19·1	1·7	V. H. . .	66	26	2·5
V. . . .	43·2	21·4	2	W. . . .	67	31·5	2·1
Mittel . .	48·7	22·7	2·14	Mittel . .	68.5	24·9	2·79

Wir sehen hieraus, dass bei normalem Farbensinn die Intensität von 1 Tl im Mittel gleichkommt der von 2·14 Li, bei schwachem Farbensinn der von 2·79 Li. Ferner lehrt die Tabelle, dass der Unterschied zwischen den beiden Kategorien nicht sowohl in dem Intensitätsverhältniss Na : Tl als in dem von Na : Li liegt.

Das Intensitätsverhältniss Tl : Li ist, wie wir sahen, auf indirecte Weise erhalten, indem Li und Tl jedes für sich mit Na verglichen wurde. Die directe Methode lieferte gleiche Resultate. Bei 15 Personen mit normalem Farbensinn fanden wir:

	g Li : g' Tl			
Methode:	min.	max.	Mittel	m_1
indirecte	1·94	3·3	2·53	0·44
directe	1·8	3·7	2·64	0.52

Wie für normalen und schwachen Farbensinn haben wir das Intensitätsverhältniss von Tl : Li bestimmt bei 10 Grünblinden und 10 Rothblinden, wovon die Ergebnisse zur gegenseitigen Vergleichung hier mitgetheilt werden:

Für Rothblinde. Für Grünblinde.

NAME	Na 10 = Li	Na 10 = Tl	Tl 1 = Li	NAME	Na 10 = Li	Na 10 = Tl	Tl 1 = Li
C. . . .	360	13·1	27·5	v. d. S. .	65·2	32·6	2
G. . . .	232	16·4	14·1	K. . . .	68·2	26·8	2·5
E. H. . .	327	11·1	29·4	B. S. . .	66·9	37·1	1·8
H. W. N. H.	283	14	20·2	H. . . .	62·5	26	2·4
T. K. . .	277	15	18·4	v. d. V. .	66·7	26·3	2·5
v. d. W. .	295	8·7	33·9	v. L. . .	65	19	3·4
E. . . .	240	8	30	H. . . .	68·5	23·5	2·9
W. . . .	296	10·4	28·4	I. . . .	59·5	17·5	3·4
I. . . .	217	11	19·7	B. . . .	31·7	17·2	1·8
H. . . .	240	14·2	16·9	v. D. . .	84·2	19·6	4·3
Mittel . .	276	12·19	23·85	Mittel . .	63·84	24·56	2·7

Wir finden so für Rothblinde Li:Tl im Mittel = 23·8
„ Grünblinde „ „ „ „ = 2·7

Daraus erhellt, dass für Grünblinde das Intensitätsverhältniss sowohl von Na:Li als von Na:Tl, und demnach auch von Tl:Li, mit dem bei normalem Farbensinn ziemlich übereinstimmt. Einen starken und constanten Gegensatz liefern dagegen die Intensitätsverhältnisse bei den Rothblinden. In der That sind die relativen Lichtintensitäten von Li, Tl und Na ausreichend, um die Roth- und Grünblinden zu charakterisiren.

Geht daraus hervor, dass der Unterschied zwischen x und y in den beiden Kategorien nicht abhängt von dem Intensitätsverhältniss Tl:Li, so lässt sich die Erklärung schwerlich in etwas Anderem suchen als in einer relativ geringen Entwickelung der grünen Valenz in Tl, verglichen mit derjenigen der rothen im Li. Von dem Verhältniss der Valenzen hängt es dann ab, welche Mengen Tl und Li einander neutralisiren.

Nachdem sich mir ergeben hatte, dass für Augen der ersten Kategorie x:y mit dem Orte des einfachen Gelb im Spectrum in Beziehung steht (s. unten, D), habe ich untersucht, inwiefern die Lage des Gelb auch bei schwachem Farbensinn auf x:y von Einfluss ist. Das Resultat war, dass eine ähnliche Beziehung hier nicht oder kaum zu bemerken ist. Personen der zweiten Kategorie geben im Farbenzirkel das nämliche Gelb als das einfache an und, mit einer einzigen Ausnahme, im Spectrum ein Gelb, das von der Linie D nicht sehr entfernt ist.

D. Erklärung der individuellen Abweichungen in der ersten Kategorie des normalen Farbensinns.

Die Abweichungen, welche bei normalem Farbensinn (in der Gleichung x Li y Tl = q Na′) in dem Verhältniss x:y vorkommen, erstrecken sich von 69:31 zu 77·8:22.2, welche Coëfficienten fast sich zu einander verhalten wie 2:3.

Wir haben nun zu untersuchen, womit diese individuellen Abweichungen in Verbindung stehen. Der Weg dazu wurde uns gezeigt durch die Fälle, in denen bei den nämlichen Personen für die beiden Augen ein verschiedenes x:y gefunden wurde.

Vor allen wichtig war aus diesem Gesichtspunkt der Fall von Dr. Sulzer, dessen Augen ziemlich die äussersten Grenzen für den normalen Farbensinn darstellen.

a. Nota von Dr. Sulzer.

„Bei Herstellung der Gleichung x Tl ⊃ y Li = q Na′ zeigten sich für die beiden Augen wesentliche Abweichungen der Grössen x und y, eine Erscheinung, die vielleicht bei der Mehrzahl der normalen Beobachter vorhanden war, jedoch bei keinem anderen auch nur von fern ein so beträchtliches Maass erreichte, was eine vergleichende Untersuchung der beiden Augen von Werth erscheinen liess. Wurden Spectralgelb und gemischtes Gelb, die für das rechte Auge nach Tinte und Intensität vollkommen gleich waren, mit dem linken Auge betrachtet, so erschien das gemischte Gelb zwar etwas lichtschwächer und etwas weniger saturirt, aber von gleicher Tinte wie für das rechte Auge; das Spectralgelb aber contrastirte durch deutlichen Orangeton auffallend mit dem gemischten. Um die Gleichung für das linke Auge herzustellen, musste die Proportion 30·5 Tl ⊃ 69·5 Li = 23·04 Na′ verändert werden in 19·8 Tl ⊃ 80·2 Li = 19·95 Na′. Ein ähnlicher Unterschied zwischen beiden Augen besteht in abnehmendem Maasse nach beiden Seiten hin für die Gleichungen aller zwischen Li und Tl gelegenen Farben, welches Verhältniss durch die beiden Curven *o. s.* und *o. d.* der Fig. 3 veranschaulicht wird.

Eine nähere Untersuchung zeigte, dass der Grund dieser Erscheinung darauf beruhte, dass im warmen Theil des Spectrums gleichen Wellenlängen Empfindungen entsprechen, die in den beiden Augen nach Tinte, Intensität und Saturation verschieden sind, während im kalten Theile des Spectrums die Abweichung sich auf Intensität und Saturation beschränkt. Die gleiche Erscheinung zeigte sich für die Flammen der entsprechenden

Metalle (Li, Tl, Na), sowie für durch entsprechend gefärbte Gläser fallendes Licht gültig, während gleiche undurchsichtige Pigmentfarben in beiden Augen gleiche Empfindungen hervorriefen.

Die in beiden Augen gleichen Empfindungen entsprechenden respectiven Wellenlängen wurden auf drei Arten zu bestimmen versucht:

1) Durch Bestimmung der Lage der einfachen Farben, für jedes Auge, an dem einfachen Spalte des Doppelspectroskops.

2) Durch Bestimmung der, gleichen Mischungen von Tl und Li entsprechenden zwischenliegenden einfachen Spectralfarben, für jedes Auge, vermittelst des Doppelspectroskops.

3) Durch Verschiebung zweier neben einander auf einem Schirm projicirter, durch ein in der Sagittalebene befindliches Diaphragma getrennter gleicher Spectren (eines entsprechend einem der gekoppelten, das andere dem einfachen Spalte des um 90° gedrehten Doppelspectroskops), derer eines im rechten Auge, deren anderes im linken Auge sein Bild entwarf, sowie durch Verschiebung der über einander liegenden Doppelbilder eines und desselben Spectrums, die durch vor beide Augen gebrachte, mit dem brechenden Winkel je nach oben bez. unten stehende gleiche Prismen hervorgebracht waren.

Die mittleren Werthe der durch die erste Versuchsreihe gewonnenen Resultate zeigt die folgende Tabelle:

Einfaches Gelb.		Einfaches Grün.		Einfaches Blau.	
Rechtes Auge.	Linkes Auge.	Rechtes Auge.	Linkes Auge.	Rechtes Auge.	Linkes Auge.
λ 0·587	0·577	0·538	0.532	0·485	0·485

Die mittlere Abweichung von dem Mittelwerthe betrug dabei beim einfachen Gelb 0·0005 λ für das rechte, 0·001 λ für das linke Auge, beim einfachen Grün 0·002 λ für das rechte, 0·0009 λ für das linke Auge, beim Blau endlich 0·002 λ für beide Augen.

Die mittleren Werthe der Vergleichung von verschiedenen Mischungen von Tl und Li mit den zwischenliegenden Spectralfarben, für beide Augen gewonnen aus einer absteigenden und einer aufsteigenden Reihe, giebt folgende Tabelle.

Die Zahlen der dritten und fünften Columne zeigen das gegenseitige Verhalten der Intensitäten der Mischungen zu den ihnen nach Farbe gleichstehenden Wellenlängen für die beiden Augen.

		Rechtes Auge.		Linkes Auge.	
Tl	Li	Intensität	λ	Intensität.	λ
10	90	20·3	0·613	17·5	0·6085
20	80	15·3	0·602	16·7	0·593
30	70	22·0	0·5892	20·2	0·578
40	60	21·5	0·581	22·6	0·573
50	50	31·2	0·5745	29·5	0·563
60	40	31·0	0·567	35·0	0·5585
70	30	44·3	0·5585	44·6	0·5525
80	20	47·0	0·5525	53·1	0·547
90	10	53·5	0·547	65	0·543

Die directe Vergleichung zweier neben einander gelegener Spectra und die Vergleichung der Doppelbilder, vorgenommen für gleiches Roth, Gelb, Grün und Blau, ergab Resultate, die die Ergebnisse der indirecten Vergleichungen bestätigten, jedoch in Folge der weniger genauen Messungsmethoden (directe Messung der erforderlichen Einstellung zur Nebeneinanderstellung gleicher Farben) mit grösseren mittleren Fehlern behaftet waren.

Die Intensität des spectralen Gelb ist für beide Augen annähernd dieselbe. Von hier aus fällt sie für das linke Auge nach beiden Seiten hin rascher als für das rechte, und zwar nach der warmen Seite hin bis zum Ende des Spectrums, nach der kalten bis zu ungefähr λ 0·5325, wo die Intensitäten für das linke Auge erst gleich und sodann um ein weniges grösser werden.

Für Tl und Li betragen die mittleren Werthe der 10 Na entsprechenden Quantitäten, gewonnen aus einer grossen Zahl zu verschiedenen Zeiten vorgenommener Wahrnehmungen:

o. d. 10 Na = 25·5 Tl = 30·8 Li
o. s. 10 „ = 14·3 „ = 56·6 „

Das Verhalten der Intensitäten im übrigen Spectrum zeigt die folgende Tabelle, aus welcher durch Reduction das Verhalten der verschiedenen Intensitäten gegenüber Na gefunden werden kann.

Bis zum Grünblau besteht kein Unterschied der Saturation für beide Augen; hier beginnt die Saturation für das linke Auge geringer zu werden als für das rechte, um im Indigo auf $^2/_3$ bis $^1/_2$ der Saturation des rechten Auges zu sinken.

Das Verhältniss der Intensitäten einer Mischung von Tl und Li zur Summe der Intensitäten der Componenten ist für beide Augen ungefähr

dasselbe, wie aus der in F S. 546 enthaltenen Zusammenstellung der Coëfficienten für die zwischen Tl und Li gelegenen Wellenlängen hervorgeht.

10 Tl (λ 0·535) =

λ	O. D.			O. S.		
	↓	↑	gem.	↓	↑	gem.
0·692	110·8	110·8	110·8	149·2	148·5	148·4
0·660	39·0	43·2	41·1	63·4	65·8	64·6
0·633	14·9	14·7	14·8	18·9	18·0	18·45
0·610	8·4	8·7	8·55	11·2	11·0	11·1
0·5892	7·9	8·1	8·0	9·8	10·2	10.0
0·5884	7·5	7·8	7·65	8·9	8·9	8·9
0·5685	9·1	8·7	8·9	10·6	10·8	10·7
0·5495	8·5	8·3	8·4	9·0	8·3	8·65
0·5325	10·8	10·9	10·85	9·8	9·4	9·6
0·5195	17·2	16·1	16·65	13·1	12·7	12·9
0·506	23·9	24·2	24·05	19·8	21·1	20·45
0·495	48·6	46·2	47·4	41·2	38·1	39·65
0·485	74·1	78·2	76·15	64·1	61·8	62·95

Bei gleicher Intensität (einfacher Spalt des Doppelspectroskops = 100 = 1 Mm.) beginnt das Spectrum an der warmen Seite für das rechte Auge früher sichtbar zu werden als für das linke. Der Unterschied beträgt ungefähr 0·010 λ. An der kalten Seite beginnt das Spectrum mit derselben Wellenlänge für beide Augen zu verschwinden.

Beide Augen besitzen, bei einer Myopie von 3·5 rechter- und 2 linkerseits, volle Sehschärfe und zeigen auch im übrigen normale Verhältnisse.

Die Empfindlichkeit für geringe Unterschiede von Gelb und Grün ist für beide Augen grösser als gewöhnlich; mehrere Reihen hierauf bezüglicher Prüfungen (mit den doppelten Flüssigkeitsprismen, also nicht mit Spectralfarben, Donders) zeigen eine etwas grössere Empfindlichkeit des linken Auges für kleinste Unterschiede, in der Weise jedoch, dass bei binoculärer Fixation die Unterscheidung noch leichter wird als bei monoculärer linksseitiger.

Die obenstehenden Untersuchungen zeigen uns, dass für die beiden Augen eines Individuums die durch gleiche Wellenlängen hervorgebrachten Lichtempfindungen nach Ton, Intensität und Saturation verschieden sein können. Da sich dieselben Verschiedenheiten in der Vergleichung von Tl und Li mit Na sowohl für diese Augen als für die Augen verschiedener

Individuen zeigen, so ist es wahrscheinlich, dass dieselben Abweichungen auch für die Augen verschiedener Individuen vorkommen."

Das Verhalten der beiden Augen von Sulzer ist, kurz zusammengefasst, dieses: Das für das rechte Auge etwas früher als für das linke beginnende Spectrum erreicht bei der Lithiumlinie für das rechte Auge eine beinahe doppelt so grosse Intensität als für das linke Auge. Die Intensitäten werden ungefähr gleich bei der Natriumlinie, wo sie zugleich ihr Maximum erreichen; von hier fallen die Intensitäten für das linke Auge rascher als für das rechte bis zum Blaugrün, wo nach einer Zone von gleicher Intensität das linke Auge die Farben etwas lichtstärker empfindet. Das umgekehrte Verhältniss hat für die Saturationen statt. Einem kleinen Unterschied zu Gunsten des rechten Auges im warmen Theile des Spectrums steht eine vom Blaugrün rasch zunehmende und in der Umgebung der Strontiumlinie das doppelte der Saturation des linken Auges erreichende Saturation für das rechte Auge gegenüber. Das Ueberraschendste ist aber wohl der Unterschied im Ton, der das reine Gelb des rechten Auges von λ 0·589 dem linken Auge Orange erscheinen lässt, während das reine Gelb des linken Auges bei λ 0·577 liegt.

Das Verhalten des Tones in der warmen Seite des Spectrums des linken Auges, relativ zum Spectrum des rechten, lässt sich kurz so charakterisiren, dass für das linke Auge die warme Seite des Spectrums nach der kalten Seite hin verschoben ist, wobei die grösste Verschiebung bei der Na-Linie liegt.

Das individuelle Spectrum des linken Auges zeigt bei der Vergleichung von gemischten Farben mit Spectralfarben in Bezug auf die erforderlichen Quantitäten der Componenten, ein dem schwachen Farbensinn diametral entgegengesetztes Verhalten, ein Verhältniss, das sich auch in der Empfindlichkeit für Unterschiede von Grün und Gelb bestätigt findet.

b. Die Lage des Gelb im Spectrum.

Von den vier einfachen Farben Lionardo da Vinci's ist Gelb, welches im Spectrum nur einen schmalen Streifen bildet, auf den Grenzpunkt zwischen Roth und Grün am schärfsten charakterisirt. Die Wellenlänge, welche Gelb giebt, lässt sich dann auch hinreichend präcis einstellen. Verschiedene Methoden wurden geprüft und verglichen:

a. Spectroskop, mit Ocular, wobei das Auge den Farben folgt, welche, bei Bewegung des Lichtspaltes, im Ocularspalte sichtbar werden.

b. Spectroskop, ohne Ocular, das Auge an den Ocularspalt angelegt, bei Bewegung des Lichtspaltes den Farbenänderungen im unteren Halbkreise folgend (Fig. 4 g_1).

c. Ebenso wie *b*, dabei aber das Gelb g_1 des beweglichen Spaltes vergleichend mit einem zuvor frei bestimmten Gelb g_2 von einem der gekoppelten Spalte.

Der Methode *b* gaben wir im Allgemeinen den Vorzug; *c* ist umständlicher, ohne viel präciser zu sein. *a* ist weniger genau als *b*. Methode *c* diente jedoch zu der Untersuchung, in wiefern die Intensität, welche für die beiden Halbkreise in entgegengesetztem Sinne abgeändert werden konnte, Einfluss habe[1]. Methode *a* empfiehlt sich, wo die Lichtquelle schwach ist.

Bei der Bestimmung der Lage des Gelb kommt es in erster Linie an auf eine neutrale Stimmung der Netzhaut. Ein kurzes Verweilen im dunkeln oder in einen halbdunkeln Zimmer, welche ausschliesslich durch matt geschliffenes weisses Glas Licht von dem bewölkten Himmel empfängt, muss der Bestimmung vorausgehen. Alles fremde Licht, auch das Licht der Gasflamme, welche das Spectrum liefert, muss sorgfältig aus dem Raume ferngehalten werden. Des Abends, beim Aufenthalt in künstlicher Beleuchtung, stellt man falsch (zu roth) ein.

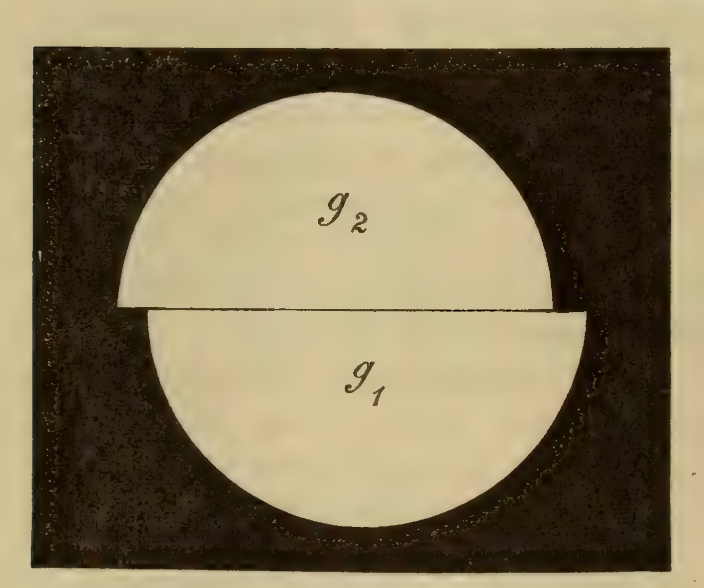


Fig. 4.

Bei neutraler Stimmung wird so das mittlere Gelb (ungefähr λ 0·581 μ) im Spectroskop gezeigt. Viele nennen dasselbe nun rein Gelb, Andere grünlich oder röthlich. Durch langsames Hin- und Herbewegen mit kleineren und kleineren Spielraume finden alle die Grenzen, wo es einigermaassen dem Roth oder Grün ähnlich wird, und setzen dazwischen ihr Gelb ein. Erweist sich dann, nach Ruhe von einer halben Minute, die gewählte Farbe zusagend, so wird die Bestimmung angenommen. Bemerkenswerth ist, wie stark während der Bewegung der Contrast sich hierbei fühlbar macht, nicht bloss gegenüber einem Vergleichungsgelb wie in Methode *c*, das dann abwechselnd nach dem Grün und nach dem Orange hinneigt, sondern auch als Veränderung der Farbe — ganz in sich selbst. Ist sie grünlich, und dreht man bis zum wirklichen Gelb, dann nimmt sie einen Stich in's

[1] Der Einfluss der Intensität ergab sich als unbedeutend: ein kräftiges Gelb erhält man nur bei grosser Intensität; bei geringer wird der Ton grau, ohne eigentliche Farbenänderung; bei grosser Intensität wird die Grenze gegen die grüne Seite hin weniger scharf.

Orange an, um erst nach einem Augenblick Pause dem Gelb Platz zu machen, und umgekehrt in's Grüne, wenn sie ursprünglich zum Orange hinneigte. Auf das Eine und das Andere hat man Acht zu geben, um genau einzustellen. Die Hauptsache ist: langsam drehen und, nach einigen Augenblicken Ausruhens oder Auffrischung an dem weissen Mattglas, controliren.

Auf diese Weise gewonnene Bestimmungen geben nur eine kleine Abweichung von dem Mittel. Bei mir betrug sie in verschiedenen Reihen von λ 0·0002 bis λ 0·0009; bei Engelmann von λ 0·0004 bis λ 0·0008, bei Anderen nicht viel mehr. Die an verschiedenen Tagen erhaltenen Mittel gehen mehr auseinander, offenbar weil gleiche Stimmung auf verschiedene Zeiten nicht vollkommen erzielt wird. Sie differirten aber nicht

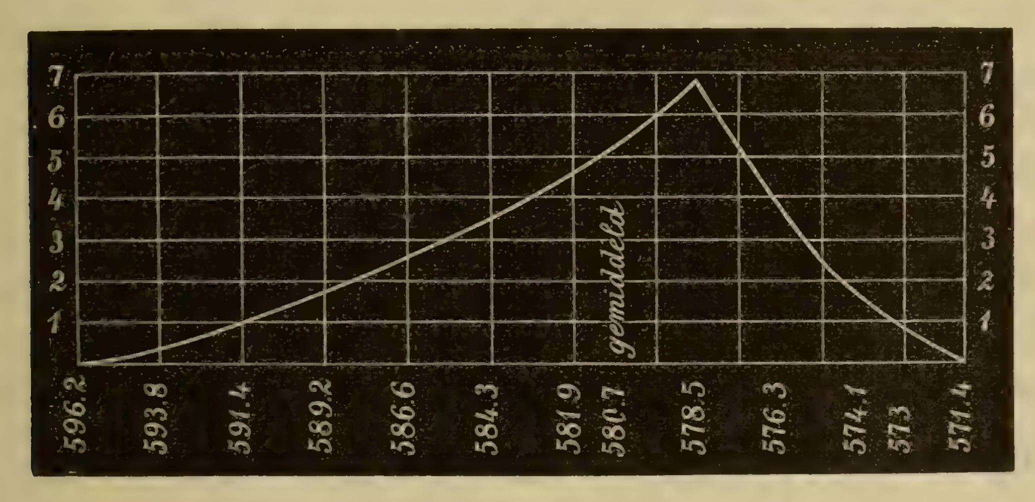


Fig. 5.

weiter, als bei mir von λ 0.5885 bis λ 0.5903, bei Engelmann von λ 0·5795 bis λ 0·5812, resp. nicht mehr als λ 0·0012 bis λ 0·0013 vom Mittel abweichend, so dass sie für unseren Zweck allenfalls brauchbar sind.

Viel grösser nun ist der Fehler nicht, der den Bestimmungen auch bei den meisten weniger geübten Beobachtern anhaftet.

Auf die beschriebene Art geschah die Bestimmung an 111 Augen von 76 Personen. Als kleinste Wellenlänge findet sich λ 0·572, als grösste λ 0.594, im Mittel λ 0·582.

Obenstehende Figur 5 giebt eine Uebersicht der Resultate. Die Abscisse zeigt die Wellenlängen an, die Ordinaten die Anzahl Fälle, von denen des Maximum fällt auf λ 0·579, weil die mittlere Wellenlänge = λ 0·5821. Offenbar bilden sie eine einzige Kategorie. Hierbei sei erinnert, dass bei Dr. Sulzer das Gelb für das rechte Auge bei λ 0·589, für das linke Auge bei λ 0·577 gefunden wurde — für die beiden Augen also nicht weit von den bezw. Grenzen der Curve.

c. Beziehung zwischen der Lage von Gelb und dem Verhältniss von Tl zu Li, x : y.

Nach den von Dr. Sulzer erhaltenen Resultaten (vgl. a. S. 529) wurde in Fällen von gleichem Farbensinn beider Augen die Lage von Gelb bestimmt unter der Voraussetzung, dass x : y auch hier mit der Lage von Gelb in Beziehung stehen werde. Diese Voraussetzung wurde sofort bestätigt, als wir die Lage von Gelb bei einigen Personen feststellten, deren x : y uns bereits von früher (S. 522) bekannt war. So hatte

W.	bei Li 69:	Tl 31.,	Gelb bei λ	0·5911
K.	„ „ 69:	„ 31·,	„ „ „	0·5910
D.	„ „ 70.2	„ 29·8	„ „ „	0·5892
D.	„ „ 71·7	„ 28·3	„ „ „	0·588
E.	„ „ 74·3	„ 25.7	„ „ „	0.5797
E.	„ „ 74.8	„ 25·2	„ „ „	0.5764
N.	„ „ 77.1	„ 22·9	„ „ „	0.5761
H.	„ „ 77.8	„ 22.2	„ „ „	0·572

Bei 8 Personen machten wir nun noch die beiden Bestimmungen in einer und der nämlichen Sitzung und fanden:

Name.	I Li ⌒ Tl = Na′			II Gelb λ	III Li ⌒ Tl = Gelb			IV 10 Na = Li	= Tl
S. . .	69·3	30·7	25·9	0·590	71·1	28·9	23·9	70	19·2
H. . .	70·5	29·5	24·5	0·587	70	30	24	57	29·2
v. L. .	71·1	28·9	24·2	0·5845	68·3	31·7	22·6	45	25·5
H. . .	71·9	28·1	24·9	0·584	67·7	32·7	27·6	52·7	15·3
F. E. .	73	27	22·4	0·586	69	31	24·3	46	9·4
P. E. .	73·8	26·2	23	0·5825	69·1	30·9	26·6	67·5	16
H. . .	75	24·8	21·1	0·585	71·8	28·2	22·9	?	13
D. K. .	76·3	23·7	23·7	0·583	72	28	23·4	29·7	12·7

Die Stäbe I und II beweisen auf's Neue die Beziehung x : y in der Na-Vergleichung zu der Lage von Gelb. Bei oberflächlicher Betrachtung erscheint eine solche Beziehung nothwendig: je mehr das Gelb nach der grünen Seite zu liegt, desto mehr wird das Na sich dem Orange nähern, und desto weniger Tl bei Na-Gleichung gefordert werden. So einfach ist das Verhalten aber nicht. Wenn bei der veränderten Empfindung von Na die von Li und Tl gleich bleiben, würde die Schlussfolgerung stich-

halten. Aber auf die Gleichheit ist nicht zu rechnen. Im Gegentheil, indem, wie Sulzer fand, mit Gelb zugleich Grün den Ort ändert, wird die Farbe von Tl, welche zwischen Gelb und Grün liegt, ebensowenig an ihren Platz gebunden bleiben; und eine Verschiebung von Li, wobei, wenn nicht die Farbe, doch die Intensität sich sehr schnell ändert, ist ebenfalls zu erwarten, wenn das einfache Gelb nicht mit Na zusammenfällt. Und daraus müssen Abweichungen in dem Verhältniss entspringen, welche auch in den Tabellen (S. 536) nicht vermisst werden.

Machen wir nun weiter die Gelbgleichung, d.i. Tl ⊂ Li = Gelb, — dann ist das Ergebniss bedeutsam genug. Ersichtlich nämlich nähert sich dabei der Quotient x : y jenem Werth, wobei Gelb ziemlich mit Na zusammenfällt, d. i. dem 30 : 70. Wir sehen dies bei Sulzer, der in der Na-Gleichung für sein rechtes Auge 31, für sein linkes nur 21 Tl hatte, und laut der Curve (Fig. 3) in der Gelb-Gleichung für sein rechtes (bei Gelb auf λ 0·588) 33·5, für sein linkes (bei Gelb auf λ 0·577) 33·2 Tl erhielt. — Das Nämliche lehren für Donders und Engelmann die Curven *Do* und *En* der Fig. 2. Für Na sind die Mengen Tl = 29 und 26, für ihr bezw. Gelb (λ 0·589 für *Do*, 0·581 für *En*) = 29 und 30 : also Reduction des Unterschiedes auf (30 — 29) = 1. Directe Versuche, mit abwechselnden Beobachtungen unter gleichen Umständen, ergaben als Mittel aus 5 Bestimmungen:

	Tl ⊂ Li = Na	Gelb bei	Tl ⊂ Li = Gelb
Donders .	29·71 ⊂ 70·29 = Na	0·589	29·71 ⊂ 70·29 = Gelb
Engelmann	25·75 ⊂ 74·25 = Na	0·581	30 70 = „

Wie aus den Ziffern folgt, ist in Engelmann's Na-Gleichung die Mischung für mein Auge grün im Vergleiche zum spectralen Gelb von Na, und in seiner Gelb-Gleichung die Mischung dagegen gelb, neben der für mich grünen spectralen Farbe sogar Goldgelb, während Engelmann in meinen Gleichungen von Na und Gelb (beide einander gleich) das Gemisch gleichfalls gelb und die Spectralfarbe daneben orange sieht.

Gleiches Zeugniss gaben die Beobachtungen (III verglichen mit I) auf der zweiten Tabelle S. 536, die auf grosse Genauigkeit Anspruch machen können. Wie man sieht, gleichen hier (bei einer Lage des Gelb von λ 0·59 bis λ 0·5825) für die Na-Gleichungen die Quotienten auseinander von 30·7 : 69·3 bis 23·7 : 76·3, für die Gelbgleichungen (abgesehen von Hamburger, mit 32·7) nur von 31·7 : 68·3 bis 28 : 72, und entfernen sich nicht allzuviel von 30 Tl, die ungefähr erreicht werden, wo Gelb ziemlich mit Na zusammenläuft.

Dies Resultat nun ist wichtig, sofern es Rechenschaft giebt von der überraschenden Thatsache, dass in erster Linie Sulzer, dem Na für das eine Auge orange, für das andere gelb war, undurchscheinende gelbe Pigmente mit beiden Augen so gut wie gleich sah, und dass ferner Alle, wo sie auch im Spectrum kein Gelb anweisen, doch in meinem Kreis von Pigmentfarben, aus strahlenförmigen Streifen von eben merklichen Unterschieden gebildet, ohne Ausnahme den nämlichen Streifen als das beste Gelb erklärten. Ich sage — davon wird durch die erhaltenen Resultate Rechenschaft gegeben: denn die genannten Farbstoffe enthalten relativ wenig spectrales Gelb, vielmehr ein Gelb, aus Mischungen von grünlicher und röthlicher Farbe gebildet, und für die Mischungen haben Alle Augen, wie die Tabelle zeigt, ziemlich gleiche, einige (Huijghens und D. Kagenaar) selbst eine compensirende röthliche Farbe.

E. Die kleinsten merkbaren Abweichungen von Gelb und von daran grenzenden Farben bei normalem und abnormem Farbensinn.

Wie oben (S. 528) schon mit einem Worte gesagt ward, steht der Coëff. Li:Tl der zweiten Kategorie nicht in Beziehung zur Lage von Gelb. Auf dem Farbenkreis geben die zu dieser Kategorie gehörenden den nämlichen Streifen als gelb an, wie die der ersten. Und als spectrales Gelb wählten sie, mit Ausnahme einer einzigen Person (die in Tl ihr Gelb suchte), ihr Gelb in der Nähe von D. Die Abweichung m_1 ist bei ihnen aber grösser, und auch die mittleren Abweichungen an verschiedenen Tagen gehen mehr auseinander. So fand ich bei Blonk, st. med., welcher, ungeachtet seiner Gleichung Li $46 \cdot 7 \subset$ Tl $53 \cdot 3 =$ Na′, einen nahezu vollkommenen Farbensinn hat, an verschiedenen Tagen von $\lambda\ 0 \cdot 595$ bis $\lambda\ 0 \cdot 583$, im Mittel $\lambda\ 0 \cdot 590$, und am nämlichen Tage für eine Reihe Bestimmungen $m_1 = \lambda\ 0 \cdot 0022$.

Dies Alles gilt für die freie Einstellung des reinen Gelb. Eine andere Bestimmung ist die des kleinsten merklichen Unterschiedes, womit wir uns hier beschäftigen werden. Mandelstamm[1] und Dobrowolsky[2] bestimmten es Jeder für sich selbst und fanden, in Bruchtheilen der entsprechenden Wellenlängen, für

---

[1] *Archiv für Ophthalmologie.* Bd. XIII. 2. S. 399.

[2] *Ebenda.* Bd. XVIII. 1. S. 72, wo auch die corrigirten Ziffern von Mandelstamm zu finden sind. Die Bestimmung von B, deren Richtigkeit Dobrowolsky selbst bezweifelt, ist weggelassen.

	Mandelstamm.	Dobrowolsky.
C	1:106	1:248
zwischen C und D		1:331
D	1:465	1:772
zwischen D und E	1:139	1:246
E	1:214	1:340
zwischen E und F	1:400	1:615
F	1:409	1:740
G	1:270	1:429
zwischen G und H		1:320.

Wie man sieht, erhielt der letztere viel kleinere Werthe als der erstere; aber die bezüglichen stimmen doch ziemlich überein. Beide finden sie am kleinsten bei D und bei F. Zur Herstellung der Unterschiede bedienten sie sich der Ophthalmometerplatten, die sie mit eigener Hand unter dem Winkel einstellten, bei welchem sie eine Differenz zwischen den beiden Farben zu constatiren vermeinten. — Mein Spectroskop entstprach derartigen Bestimmungen ausnehmend. Die feste Farbe (z. B. Na oder einfaches Gelb) wird eingesetzt mit dem einfachen Spalt, die veränderliche mit einem der paarigen, und diese kann durch eine Mikrometerschraube (Farbenänderung) verschoben, durch eine andere (Intensitätsänderung) verengert oder erweitert werden. Uebrigens folgten wir der Methode der richtigen und unrichtigen Fälle, mittels Bestimmung des Minimums, wobei ein Unterschied erkannt, und des Maximums, wobei keiner erkannt wurde, und Berechnung des Mittels aus beiden.[1] Die Unterschiede, über die man zu urtheilen hat, werden von fremder Hand eingestellt, die dabei die Intensität beliebig veränderte: dadurch hat der Wahrnehmende erst die Intensitäten gleich zu machen und dann über den eingestellten Farbenunterschied zu urtheilen. Der Einfluss der Intensität auf das Urtheil lässt sich nicht eliminiren, wenn der Wahrnehmende selbst den Farbenunterschied herstellt, — was überdem nicht erwünscht ist, weil dabei Contrast in's Spiel kommt (S. 534). Nach dieser Methode bekam ich an verschiedenen Tagen als kleinsten merkbaren Unterschied λ 0·0004 bis λ 0·0006.[2] In vergleichenden Bestimmungen mit dem Hrn. Straub stellten wir es beide für λ 0·589 und für 0·581, das ist für sein und für mein einfaches Gelb fest, und dabei kam es an den Tag, dass er empfindlicher war für Unterschiede des letzteren, ich für die des ersteren. Man hat also Grund anzunehmen, dass

[1] Vgl. G. E. Müller, *Zur Grundlegung der Psychophysik.* 1881. S. 63.

[2] Um die schnellen Farbenübergänge in Gelb und anderweitig zur Geltung zu bringen, muss, bei starker Lichtquelle, der Spalt eng sein: bei weiterem Spalt vertheilen die wahrnehmbaren Unterschiede sich auch über die angrenzenden Farben.

man am empfindlichsten ist für Veränderungen des einfachen Gelb. Bei D, in jedem Falle also in der Nähe des einfachen Gelb, fanden auch Mandelstamm sowohl als Drobowolsky, wie wir sahen, den kleinsten merkbaren Unterschied, und darnach ein zweites Minimum bei F, im oder nahe dem einfachen Blau. Es kann nicht befremden, dass gerade an den Wendepunkten, wo die einfachen Farben zu beiden Seiten in einander entgegengesetzte übergehen, die grösste Empfindlichkeit für Unterschiede angetroffen wird. Im Blau fanden auch Koenig und Dieterici ein Minimum für den Fehler m_2, das zweite Minimum Koenig nahe bei D, Dieterici in gewissem Abstande von D bei etwa λ 0·570. Sollte für Dieterici das einfache Gelb nicht eine abweichende Lage haben? Uebrigens ist m_2 kein zuverlässiger Maassstab für den kleinsten merkbaren Unterschied.

Ebenso wie das Urtheil über Gelb, ist bei Personen, welche zu der zweiten Kategorie gehören, selbst wenn der Farbensinn kaum herabgesetzt ist, die Empfindlichkeit für kleine Unterschiede vermindert. So bei:

1. Blonk. Nach Personen der zweiten Kategorie suchend, gab ich die pseudo-isochromatischen Tafeln von Stilling zu entziffern, und es kam mir vor, dass Blonk hierbei Etwas hinter den Normalen zurückblieb (vgl. S. 522). In Uebereinstimmung damit erforderte die Natriumgleichung Tl 53·3: Li 46·7. Doch ergab sich später, dass er sämmtliche Tafeln Stilling's (zweite Ausgabe) entziffern konnte, dass er auch mit Holmgren's Proben kaum herabgesetzten Farbensinn zeigte und mit den doppelten Flüssigkeitsprismen, welche Mischungen von Gelb und Grün geben, nicht oder kaum mir nachstand. Auch vermeinte er sich im Besitze eines vortrefflichen Farbensinns. Aber mit den spectralen Farben, nach der so eben beschriebenen Methode, war der kleinste merkbare Unterschied bei ihm doch ansehnlich grösser als normal. Während sein Gelb auf λ 0·5902 gefunden wurde, betrug der kleinste merkbare Unterschied reichlich 0·0013, für mich, bei der nämlichen Gelegenheit bestimmt, nur 0·00051.

2. Einen übereinstimmenden Fall lieferte der Stud. med. van Dugteren. Mit einiger Anstrengung entzifferte er sämmtliche Tafeln von Stilling, weiss aber, dass er, vor Allem bei Abendlicht, Grüngelb und Gelb nicht so leicht unterscheidet als Andere. Die Gleichung Tl 51·6 Li 48·4 = Na′ 29·5 reiht ihn unter die zweite Kategorie. Als einfaches Gelb bezeichnet er λ 0·5906; 0·5926 ist ihn zu roth, 0·589 zu grün. Der mittlere Fehler m_1, bei dem Versuch die beiden Farben vollkommen gleich zu machen, betrug λ 0·0003.

Die kleinsten merkbaren Unterschiede von seinem Gelb, nach der Methode der richtigen und unrichtigen Fälle, stiegen auf 12·5 Skalentheile, während sie für mich selbst, der ich sie mit ihm abwechselnd für mein Gelb bestimmte, nur 4·8 betrug.

3. Viel grösser war der kleinste merkbare Unterschied bei Snel, stud. med., der als Na-gleichung Tl 48·7 ⌒ Li 51·3 = Na′ 26·8 gefunden hat, aber die

Tafeln von Stilling mühsam und nur zum Theil entzifferte, und dessen schwacher Farbensinn sowohl bei den Holmgren'schen Proben als mit den Flüssigkeitsprismen zu Tage getreten war.

Im Farbenzirkel zeigt er das richtige Gelb an, aber aus den Spectralfarben ist seine Wahl unsicher und schwankt zwischen λ 0·5736 und λ 0·543, im Mittel λ 0·555.

Bei Vergleichung mit λ 0·5892 Na findet er λ 0·596 damit vollständig übereinstimmend, aber λ 0·6, bei gleicher Intensität, bestimmt röthlich und 0·589 durch Contrast, nach grün neigend, ferner λ 0·584 vollkommen gleich Na, λ 0·573 etwas grünlich, 0·55 grüner und bleicher und daneben, durch Contrast, 0·589 jetzt röthlich.

Auf die merkbaren Unterschiede hat die Lichtintensität einen grossen Einfluss. Bei Spaltbreite von 0·15 ^{mm} ist λ 0·589 gelb, 0·58 bereits grünlich, 0,578 deutlich grün, wobei 0·589 durch Contrast wieder röthlich wird; bei Spaltweite von 0·62 ^{mm} ist 0·578 noch vollkommen gleich mit 0·589 und ist erst 0·552 unzweifelhaft bleich und grün.

Der hier sichtbar sehr grosse Einfluss der Intensität fehlt auch bei normalem Farbensinn nicht, wo bei grosser Intensität das Gelb sich auf Kosten des Grün ausbreitet (Chodin). Nach der Seite des Roth ist, sowohl bei schwachem als bei normalem Farbensinn, der Einfluss der Intensität viel geringer.

Man verliere übrigens nicht aus dem Auge, dass Verschiedenheiten der Intensität, ohne Unterschied der Wellenlänge, bei sehr schwachem Farbensinn viel eher als bei normalem, wie Farbenunterschiede aufgefasst werden: man lasse also, um sichere Resultate zu erhalten, bei Unterschieden der Wellenlänge erst dann über die Farbe urtheilen, nachdem die Intensitäten gleich gemacht sind. Und auch nun könnte noch Sättigungsunterschied im Spiele sein. Darin liegt also, in Fällen wie der von Snel, wohl ein Hinweis zu der Vermuthung, dass es sich um mehr als schwachen Farbensinn handelt, dass man mit vollkommener Farbenblindheit, d. h. mit einem rein dichromatischem System zu thun hat. Allein das Gegentheil ergab sich hier, indem aus einem Gemenge von spectralem Roth und Blau kein neutrales Weiss oder Grau, sondern allein Purpur und Rosa zu erhalten war, und im Spectrum der neutrale Streifen fehlte.

Der Rothblinde, mit rein zweifarbigem System, zeigt im Spectrum auch noch sein Gelb an — bisweilen sogar mit kleiner mittlerer Abweichung.

So kam

4. der Stud. med. Wenckebach, ein vollständig Rothblinder:

bei mässiger Intensität (Spaltweite 0·2 ^{mm})
auf λ 0·5763 mit $m_1 = 0·005$,

bei grösserer Intensität (Spaltweite 0,8 ^{mm})
auf λ 0·5794 mit $m_1 = 0.005$.

Ausgehend von λ 0·589 als Vergleichsfarbe, nannte er

λ 0·596 (bei gleicher *I*) damit vollkommen gleich,
„ 0·6 etwas kräftiger in der Farbe,
„ 0·62 feuriger,
„ 0·63 bis λ 0·65 röther und röther.

Wurden die Vergleichungen bei viel grösserer oder viel kleinerer Intensität gemacht, so waren die Unterschiede weniger merkbar.

Wieder ausgehend von λ 0·589, bei Vergleichung mit kleineren Wellenlängen, lautete das Urtheil:

λ 0·584 vollkommen gleich damit.
„ 0·573 etwas bleicher: 0·589 hat mehr Gluth.
„ 0·56 bleicher.
„ 0·589 erkennt er sofort wieder als gleich.
„ 0·56 ist bleicher.
„ 0·54 bis 0·52 immer bleicher.

Den Grünblinden lässt auch das Urtheil über Sättigung im Stiche. Ein Beispiel:

5. van der Vlies (st. med.), ein Grünblinder, mit rein zweifarbigem System.

Ausgehend von λ 0·589 werden Vergleichungen gemacht mit grösseren Wellenlängen, bis λ 0·63, 0·66, 0,69: bei gleicher Intensität sind dann 0·589 (typisch gelb) und 0·69 (typisch roth) vollständig gleich, — λ 0·69 bei geringer Intensität vielleicht etwas „farbiger" (gesättigter).

Bei Vergleichung mit kleineren Wellenlängen ist λ 0·584 noch völlig gleich mit λ 0·59, aber, zu beginnen mit 0·578, wird es etwas bleicher und bei 0·52 spricht er von einem schmutzigen Weiss, wonach λ 0·589 ihm durch Contrast roth vorkommt. Seine Neutrale liegt auf ungefähr λ 0·497.

Doch wusste er im Spectroskop das Gelb ungefähr anzuweisen. In 10 Bestimmungen wählte er Mitt. λ 0·594, als Maximum 0·607, als Minimum 0·587, mit mittlerer Abweichung vom Mittel $m_1 = \lambda\ 0·0053$. Bei den Bestimmungen wurde er durch die Intensität geleitet. Wo auch der Fingerzeig dieser fehlt, wie beim Aufstellen der Gleichung Li ⊂ Tl = Na, ist ihm jede Mischung gleich gut von Farbe, indem er Na nach der Intensität von Li ⊂ Tl einstellt.

Obenstehende Fälle bilden eine Reihe, worin die Unterscheidung der Farben in der warmen Zone des Spectrums sich mehr und mehr verliert.

F. Das Verhalten der Intensitäten von Mischungen zur Summe ihrer Componenten.

(Unter Mitwirkung von Dr. Sulzer.)

Bei den Vergleichungen der Mischungen von Li ⊂ Tl mit Na oder mit Gelb, bestimmten wir nicht bloss die Proportion von Li:Tl (x:y), sondern zugleich die Intensität des erhaltenen Na (oder wirkliches Gelb). Nun

drängte sich die Frage auf, in welchem Verhältniss die Intensitäten dieses Gemisches JLi ⊂ Tl zu denen der Componenten JLi und JTl, und bestimmter zu der Summe der Componenten JLi + JTl. Es galt die Bestimmung des Coëfficienten JLi ⊂ Tl : JLi + JTl.

Die Gleichungen selbst geben uns schon unmittelbar die Intensitäten der Mischung als JLi ⊂ JTl = QNa. Wir haben, um den Coëfficienten zu finden, nun auch lediglich JLi und JTl sowie JNa zu berechnen. Für diese Berechnung wurde Gebrauch gemacht von den bereits früher bei den hier aufgeführten Personen bestimmten

$$10\,\mathrm{Na} = x'\,\mathrm{Tl} \text{ und}$$
$$10\,\mathrm{Na} = y'\,\mathrm{Li}$$

In untenstehender Tabelle findet man die solchermaassen erhaltenen Resultate und zwar für Fälle von normalem Farbensinn.

		a	b	c	d	e	f		h
	Namen.	Q Li ⊂ Q Tl =		Q Na′	JLi	JTl	JLi ⊂ Tl	JLi + JTl	Coëff.
1.	Ka	69	31	27·7	20·8	17·5	27·7	38·3	0·72
2.	Wa	68·9	31·1	24·8	19·5	24·5	24·8	44	0·564
3.	Ou	69	31	23·5	14·1	19·2	23·5	33·3	0·706
4.	Su O. D. . .	69·5	30·5	23·0	20·7	23·6	23	44·3	0·52
5.	Do [1]	70·2	29·8	24·6	12·5(?)	14·3	24·6	26·8	0·[illegible]1(?)
	Spätere Bestimm.	69·6	30·4	24·9	17·8	14·5	24·9	32·3	0·77
6.	C.	71	29	22	20	17·8	22	37·8	0·582
7.	v. L. . . .	71·1	28·9	26·2	17·7	20·8	26·2	38·5	0·68
8.	v. B. . . .	71·2	28·8	23·2	14·8	13·5	23·2	28·3	0·82
9.	Hu	71·7	28·3	19·6	17·7	11·8	19·6	29·5	0·664
10.	Ei	73	27	21·4	15·2	18·8	21·4	34	0·63
11.	En	74·3	25·7	21·6	17·4	13	21·6	30·4	0·71
	Spätere Bestimm.	75·4	24·6	22·3	16·7	18·2	22·3	34·9	0·64
12.	Tr.	77·1	22·9	19·7	14·6	12·2	19·7	26·8	0·735
13.	Be	77·1	22·9	19·3	15·5	10·5	19·3	26	0·742
14.	Su O. S. . .	80·2	19·8	20	17·3	13·9	20	31·2	0·64
	Mittel . . .	72·4	27	22·6					0·687
	Mittel 7 oberste	69·8	30·2	24·6					0·649
	Mittel 7 unterste	74·9	25·1	20·7					0·706

[1] Bei der Berechnung der Mittelzahlen ist die erste Bestimmung von Do, worin Stab d offenbar unrichtig ist, und die zweite von En nicht in Betracht gezogen worden.

a, b, c sind die Mengen, entlehnt der grossen Tabelle.[1]

d, e, f die correspondirenden Intensitäten: f gefunden, d, e berechnet als Na.

g die Summe von d und e.

Der letzte Stab giebt den gesuchten Coëfficienten.

Diese Tabelle lehrt uns, dass die Intensität des Gemisches (Stab c und f) constant kleiner ist als die Summe der Intensitäten der Componenten g:

Der Coëfficient wechselt 0·52 bis 0·82, ist im Mittel um 0·678.

Die Fälle sind gereiht nach der Menge Li (a) in der Na-Gleichung: mit dem Steigen von Li nimmt nun ersichtlich die Intensität der Mischung (c) ab. Auch in dem Coëfficienten (h) lässt sich der Einfluss, wenn schon minder deutlich, spüren: für die 7 obersten beträgt er im Mittel 0·649, für die 7 untersten 0·706.

Gegen die für die Tabelle angestellte Berechnung von JLi und JTl (d und e), nach den früher bei den aufgeführten Personen für 10 D = x′ Tl und 10 D = y′ Li erhaltenen Resultaten, gilt indessen das Bedenken, dass auf das Verhältniss der Intensitäten von Na zu Li und Tl die absolute Intensität, bei welcher die Vergleichung geschieht, nicht ohne Einfluss ist. Wir beschlossen deswegen, die Mengen Na auch direct zu bestimmen durch Vergleichung mit den in jedem Falle gefundenen Mengen Li und Tl. Dies geschah in 9 Fällen. Die Ergebnisse sind in die untenstehende Tabelle vereinigt, — sofern dieselben Personen hier wieder vorkommen, unter gleichen Nummern als auf der vorigen Tabelle:

a, b, c sind wieder die Ziffern der Na-Gleichung, für diese Tabelle auf's Neue bestimmt (darum einigermaassen abweichend von den vorigen), und zwar zugleich mit

d, e, f, den Intensitäten, — für 6 und 10 alles zugleich für die beiden Tabellen.

Wie man sieht, ist der Coëfficient, ohne Ausnahme, in dieser Tabelle noch kleiner als in der vorigen:

Das	Maximum	hier	0·73	ist dort	0·77
„	Minimum	„	0·49	„ „	0·52
„	Mittel	„	0·583	„ „	0·687

Und in den beiden Tabellen fällt der grösste Coëfficient auf Do, und kommen im Allgemeinen auch die kleineren Coëfficienten bei den nämlichen Personen vor. Dass das Gemisch von Li ⊂ Tl an Intensität weit hinter der Summe der einzelnen Intensitäten von Li und Tl bleibt, kann, bei der Constanz der Resultate, keinem Zweifel unterliegen.

---

[1] *Onderzoekingen, gedaan in het physiol. Labor. der Utrechtsche Hoogeschool* Bd. VIII. S. 178.

No.	Namen	a QLi ⊃	b QTl =	c QNa'	d JLi	e JTl	f JLi⌒Tl	g JLi+JTl	h Coëff.	k Berechn. Coëff. d. vorigen Tabelle
1.	Ka. . .	70·7	29·3	28·4	22·8	19·5	28·4	42·3	0·671	0·72
2.	Wa. . .	69	31	25·6	30·5	21·2	25·6	51·7	0·50	0·564
4.	Su. O.D.	70·5	29·5	25·8	22·7	28·7	25·6	51·4	0·502	0·52
5.	Do. . .	69·7	30·3	23·9	14·8	17·8	23·9	32·6	0·73	0·77
6.	Er. . .	71	29	22	18·9	19·2	22	38·1	0·577	0·582
7.	v. L. . .	71·1	28·9	27	21	22	27	43	0·603	0·68
10.	Ei. . . .	73	27	21·4	19·6	24	21·4	43·6	0·49	0·63
11.	En. . .	75·4	24·6	20·4	16·72	18·2	22·3	34·9	0·64	0·71
14.	Su. OS.	80	20	21·3	20·9	19·3	21·3	40·2	0·53	0·64
	Mittel	72·5	27·5	24·0	—	—	—	—	0·583	0·646

Indem wir, wie mit Na, in den Gleichungen von Li ⌒ Tl mit den übrigen zwischen Li und Tl gelegenen Spectralfarben jedesmal die entsprechende Intensität bestimmten (S. 524 Fig. 2), können wir nun auch

a Farbe *S* λ	b QLi ⊃	m₁	QTl =	c Q*s*	d JLi	JTl	e JLi Tl :	f JLi +	g JTl Coëff.
0·6705 (Li)	100		0	100	100	0	100	100	1
0·660	99·5		0·5	70·2		1·1	70·2		
0·654	99		1·0	62·7	57·4	1·9	62·7	59·3	
0·642	98·2		1·8	38·1	37·1	3·6	38·1	40·7	0·936
0·633	96·6	0·3	3·4	27·7	27·8	6·5	27·7	34·3	0·808
0·610	87·6	1·15	12·4	20·7	16·7	10·3	20·7	27	0·767
0·590	70·7	1·7	29·9	23·9	14·4	19	23·9	33·4	0·716
0·5685	43·5	1·5	56·5	36	10·9	32	36	42·9	0·839
0·5495	20·7	0·1	79·3	59	8·2	60·4	59	68·6	0·86
0·542	3·8	1·4	96·2	78	1·7	77·8	78	79·5	0·981
0·535 (Tl)	0		100	100				100	1·000

Stab a giebt die Wellenlängen der Vergleichungsfarben an, beginnend mit Li λ 0·6705 und endigend mit Tl λ 0·535.
„ b die Mengen der Componenten Li und Tl, nebst m_1.
„ c die der gemischten Farbe.
„ d die Intensitäten des Stabes b, ausgedrückt in Intensitäten von *S*.
„ e die Intensität der Mischfarbe.
„ f die Summe der Intensitäten, die unter d vorkommen und endlich
„ g den verlangten Coëfficienten.

für jede dieser Farben den Coëfficienten JLi ⊂⊃ Tl : JLi + JTl berechnen, und zwar bei directer Bestimmung von JLi und JTl aus dem in jedem Falle gefundenen q′ Li und q Tl. Ein Beispiel davon giebt vorstehende Tabelle, die mein rechtes Auge betrifft.

Für λ 0·660 und 0·654, wobei in der Gleichung noch kaum Tl vorkommt, verdient der Coëfficient noch kein Vertrauen und ist darum weggelassen. Wir sehen ihn nun sinken bis bei λ 0·590, nahezu dem Na-Gelb, um weiterhin wieder zu steigen bis λ 0·535, wo er für blosses Tl, gerade wie oben für blosses Li, gleich 1 wird. Der Coëfficient ist also am kleinsten, wo das Roth von Li und das Grün von Tl einander vollkommen neutralisiren und bloss das Gelb übrig bleibt.

Man kann die Mengen (die Spaltweiten), in Uebereinstimmung mit der Abscisse, auf das Interferenz-Spectrum zurückführen; weil aber bei dieser Reduction der Coëfficient der Intensitäten g der nämliche bleibt, habe ich es für überflüssig erachtet.

Von gleichen Bestimmungen bei anderen Personen findet man die Resultate auf nachstehender Tabelle:

λ	I		II	III		IV	V		V
	Donders.		Straub.	Kagenaar.		Waelchli.	Sulzer.		Sulzer.
	O.D.	O.D.		O.D.	O.D.		O.D.	O.S.	O.D.
0.6705 (Li)	1·000	1	1	1	1	1	1	1	1
0·633	0·808	0·858	0·93	0·77	0·88	0·88	0·96	0·93	0·8
0·610	0·767	0·783	0·75	0·57	0·63	0·78	0·75	?	0·77
0·5895	0·716	0·712	0·63	0·64	0·66	0·44	0·45	0·54	0·50
0·5685	0·839	0·798	0·73	0·69	0·73	0·723	0·63	0·69	0·67
0·5495	0·86	0·833	0·81	0·89	0·88	0·833	0·78	0·90	0·79
0·542	0·981	0·951	0·95	0·96	0·96	0·996	0·92	0·87	0·90
0·535 (Tl)	1·000	1	1	1	1	1	1	1	1

In allen Vergleichungen finden wir den Coëfficienten < 1, die Mischung also von geringerer Intensität als die Summe der Intensitäten der Componenten. Mit einer einzigen Ausnahme (III), fällt der kleinste Coëfficient auf λ 0.589, d. h. gerade wie bei mir auf das Na-Gelb: er wird hier bei Dr. Waelchli und auf einem der Augen des Dr. Sulzer selbst kleiner als 0·5; das Maximum 0·716 wird bei mir gefunden. Bei I, II, V sind

die Bestimmungen zweimal angestellt zu verschiedenen Zeiten. Für die beiden Augen des Dr. Sulzer geschahen die Bestimmungen an einem und dem nämlichen Tage, später noch einmal ausschliesslich für das rechte Auge. Die Genauigkeit ist grösser, als man erwarten sollte, wenn man bedenkt, dass von den drei Vergleichungen, welche den Coëfficienten liefern müssen, bloss eine (q Li $\supset$ q′ Tl = Q s) isochromatisch, zwei (q Li = Q' s und q′ Tl = $Q's$) heterochromatisch sind. In der Ausführung einer heterochromatischen Vergleichung liegt ein Schein von Willkür. Es ist als ob man ebensogut ein anderes Verhältniss wählen könnte. Aendert man aber die Intensität der einen der beiden Farben, dann hört schnell aller Zweifel auf und heisst es: nun bestimmt zu dunkel, nun bestimmt zu hell. Sucht man sich von seinen Empfindungen Rechenschaft zu geben, dann findet man die eine Farbe ihrer Natur nach heller, die andere dunkler, Na z. B· heller als Tl, beide heller als Li. Bei der Vergleichung nun muss die helle wie durch einen Flor gemässigt werden — so wird ein umflortes Gelb gleich einem helleren Roth —, und anfänglich ist man geneigt, den Lichteindruck des ersten zu gering zu schätzen. Um richtig zu urtheilen, darf das Auge nicht auf einer der beiden Farben verweilen, muss vielmehr mit gleichen Zwischenpausen immer von der einen auf die andere übergehen und mehrmals auch die Grenze zwischen den beiden Farben, wo Intensitäts-Unterschied durch Contrast sich am stärksten ausspricht, hin und wieder durchlaufen. Vor Allem hüte man sich vor Vergleichung bei excentrischem Sehen: die Ergebnisse sind dann durchaus andere, und um diese ist es uns hier nicht zu thun.

Um indessen jeden Zweifel auszuschliessen, liess ich, neben der gewöhnlichen, in den meisten Fällen auch derartige Vergleichungen anstellen von JLi = Js und JTl = Js, wobei die Intensität von s entschieden zu gross eingestellt wurde, und jedesmal stellte sich heraus, dass in der Nähe von D der Coëfficient auch dabei noch unter 1 blieb. Nur in der Nähe von Tl und von Li, wo bei den gewöhnlichen Vergleichungen der Coëfficient sich schon der Einheit nähert, wurde er dann > 1.

Noch sei erwähnt, dass stets mindestens zwei volle Reihen von Wahrnehmungen gemacht wurden, eine aufsteigende und eine absteigende, mit Vermehrung der Anzahl, wo grosse Genauigkeit verlangt wurde, und dass für jede einzelne der Coëfficient berechnet und erst aus den Coëfficienten das Mittel gezogen ward. Um eine richtige Vorstellung von den Wahrnehmungen und Berechnungen zu geben, sei mir erlaubt, hier eine einzelne Bestimmung im Ganzen aufzunehmen:

λ	Mengen von Tl	Li	Mitt. Tl	m_1	Intensitäten von Tl⊂Li	Tl	< Tl	Li	< Li	Tl + Li	<Tl+<Li	Coëfficienten von $\frac{Tl⊂Li}{Tl+Li}$	Mitt.	m_1	$\frac{Tl⊂Li}{<Tl+<Li}$	Mitt.	m_1
0·660	1·0	99·0			73·5	6·4		83·2		89·6		0·823	0·8315	0·0085			
	1·0	99·0			67·3	7·2	6·5	73·8	62·4	81·0	68·9	0·840			0·976		
0·633	2·9	97·1	2·88	0·072	37·1	5·5		23·0		38·5		0·963	0·797	0·0826		0·864	0·027
	2·9	97·1			29·3	9·0	6·9	28·5	28·1	37·5	35·0	0·781			0·838		
	3·0	97			26·2	10·0	6·0	26·0	22·6	36·0	28·6	0·728			0·917		
	2·9	97·1			28·7	9·8	6·9	32·0	26·9	41·8	33·8	0·687			0·850		
	2·7	97·3			23·2	8·7	5·5	23·3	21·8	32·0	27·3	0·725			0·849		
0·610	12·7	87·3	12·3	0·4	29·8	15·9		24·1		40·0		0·745	0·769	0·0245			
	11·9	88·1			29·6	13.3	11·0	24·0	22·4	37·3	33·4	0·794			0·886		
0·5892	29·5	70·5	29·5	0·2	24·0	27.1		28·5		55·6		0·432	0·503	0·047		0·733	0·0085
	29·8	70·2			26·3	30·1	19·4	19·5	16·1	49·5	35·5	0·528			0·741		
	29·2	70·8			27·0	29·0	20·5	20·1	16·8	49·1	87·3	0·549			0·724		
0·5884	34·0	66·0	32·1	1·9	23·7	31·6		19·9		51·5		0·460	0·504	0·044			
	30·2	69·8			26·9	28·1	12·9	20·9	18·1	49·0	40·6	0·549			0·662		
0.5685	57·2	42·8	57·43	0·38	37·9	41·4		19·0		60·4		0·626	0·673	0·032		0·888	0·110
	57·1	42·9			36·2	36·0	27·4	14·9	8·9	50·9	36·3	0·711			0·998		
	58·0	42·0			35·8	31·4	28·5	21·0	17·6	52·4	46·1	0·683			0·777		
0·5495	84·2	15·8	49·8	4·4	58·9	62·3	48·7	13·6		75·9		0·776	0·791	0·015			
	75·5	24·5			56·0	57·6		11·9	8	69·5	56·7	0·806			0·988		
0·541	91·1	8·9	91·2	0·1	79·3	82·1		3·7		85·8		0·924	0·896	0·028			
	91·3	8·7			88·0	91·5	68·5	9·6	4·8	101·5	73·3	0·867			1·2005		

Ist der Intensitäts-Coëfficient des Gemisches kaum mehr denn 0·5 bei Sulzer (rechtes Auge) und bei vielen Anderen, dann muss die Intensität der einen Componenten grösser sein können als die der Mischung beider. So lehren auch die Zahlen:

	J-Mischg.	JTl	JLi
Für Sulzer O. D. bei λ 0·5892	24	27·1	28·5
O. S. „	22·1	22·9	23·9
Später O. S. „	21·3	19·3	20·9
Waelchli „	24·6	22·8	26·6
Früher „	25·6	21·2	30·5

Für Andere gilt Solches nicht. So fanden:

Donders bei λ 0·5892	24·88	17·1
Kagenaar „ „ „	30·25	21·4

Dies Ergebniss kann nun auch auf mehr directe Art geprüft werden. Hat man die Na-Gleichung eingestellt, dann schliesst man den Li-Spalt und bringt den einfachen auf Tl, mit gleicher Intensität als den Tl-Spalt. Während diese also einander gleich sind, wird der Li-Spalt wieder geöffnet. Der erste Eindruck bei Sulzer, rechtes Auge, war der, dass die Mischung röther und heller war als das Tl; aber nach einigen Secunden verschwand das Roth und sank die Helligkeit auf und selbst unter die vom Tl. Das Nämliche fanden Dobberke und vor Allem Waelchli. Auch für mich wurde beim Oeffnen des Li-Spaltes die Farbe röthlich, um dann schnell dem Na-Gelb Platz zu machen, das nun gleichwohl sehr bestimmt lichtstärker war und blieb als das Tl, — in Uebereinstimmung mit meinem grösseren Intensitäts-Coëfficienten des Gemisches. Dasselbe galt für Kagenaar. Aber bei diesem kommt es vor, dass die Li-Componente die Mischung an Intensität übertrifft, nämlich bei λ 0.61, wobei die von Li 26·5, die der Mischung 25 beträgt, und bei λ 0·633, mit bezüglichen Intensitäten von 35·5 und 31.5: Kagenaar aber hatte, wie wir früher sahen, JLi:JNa besonders gross. Wie die Ziffern ausweisen, muss bei Sulzer und Waelchli auch der Li-Spalt durch das zutretende Tl etwas an Intensität verlieren. — Sehr überraschend ist die Schnelligkeit, womit das Ueberwiegende der hinzutretenden Farbe verschwindet und dabei zugleich die Intensität des Gemisches abnimmt. Der Vorgang verdient ein näheres Studium. — Die Experimente wurden nicht nur mit dem Verhältniss Li : Tl der Na-Gleichung angestellt, sondern für alle die

übrigen Vergleichungen, über die die Tabellen Aufschluss geben. Von geringeren Quantitäten Li, die zum Tl gefügt wurden, konnte ich im Augenblick selbst den Einfluss auf Farbe und Intensität noch deutlich wahrnehmen, aber beim Verschwinden des Einflusses auf die Farbe wurde der auf die Intensität auch zweifelhaft. Im Allgemeinen entsprechen auch bei Anderen die Ergebnisse dem, was sich aus der Tabelle vorhersehen liess.

Das hier über die relative Intensität von Farben-Mischungen Mitgetheilte hat ausschliesslich Bezug auf den normalen Farbensinn. Hier findet man nun weiter die von Blonk und Snel erhaltenen Resultate aufgeführt, von denen der Erste einen herabgesetzten, der Zweite einen sehr schwachen Farbensinn hat. Von beiden besitzen wir zwei Reihen von Beobachtungen, gleich ausführlich wie die von Sulzer (Tab., S. 548); aber es wird genügen, hier die Resultate von den als richtig erkannten Einstellungen und die Mittelwerthe anzugeben.

λ	Blonk			Snel		
	Reihe 1	Reihe 2	Mittel	Reihe 1	Reihe 2	Mittel
0·633	0·68	0·62	0·65	0·79	0·88	0·835
0·610	0·65	0·54	0·595	0·61	0·72	0·665
0·5895	0·49	0·61	0·55	0·93	0·85	0·89
0·5685	0·88	0·70	0·79	1·03	0·93	0·98
0·5495	1·00	0·90	0·95	0·92	0·86	0·89
0·542	0·98	1·01	0·995	0·89	0·97	0.93

Man sieht, dass bei Blonk die Vergleichungen ziemlich mit denen des normalen Farbensinnes stimmen, im Allgemeinen mit etwas grösseren Coëfficienten; dass sie aber bei Snel sehr unregelmässig sind und viel mehr der Einheit sich nähern. Sie bilden als solche den Uebergang zu den Coëfficienten bei Roth- und Grünblinden, die so wenig von der Einheit abweichen, dass wir kein Recht haben anzunehmen, dass die Intensitäten der Mischungen von denen der Summen der Componenten abweichen. Dies ergiebt sich aus nachstehender Tabelle, die uns die Coëfficienten giebt von einem Normalen und fünf Farbenblinden: indem die Letzteren die Farben nicht unterscheiden, konnte nicht, wie oben, von einfachen Farben ausgegangen, sondern mussten bestimmte Mengen Tl und Li den Gleichungen zu Grunde gelegt werden.

		Tl ⊂⊃ Li = S			Tl = S		Li = S		Coëff.
v. Genderen Stort	normal.	90	10	34·1	90	33·9	10	2·4	0·944
		30	70	26·1	30	21·7	70	19·1	0·638
v. Elfrinkhof .	rothblind.	90	10	67·0	90	67·4	10	0·8	0·982
		30	70	29·2	30	27·2	70	2·6	0·976
		10	90	14·5	10	11·8	90	3·5	0·947
		5	95	12·1	5	6·8	95	4·9	1·036
v. d. Weijde .	"	5	95	11·06	5	7·62	95	3·94	0·957
Wenckebach .	"	5	95	6·88	5	3·8	95	3·4	0·955
		5	95	7·98	5	4·26	95	3·3	1·06
v. d. Zijp . .	grünblind.	90	10	40·4	90	30·7	10	2·3	1·224
		30	70	23·3	30	12·8	70	8·1	1·115
Klinkert . . .	"	30	70	22·8	30	12·1	70	11·2	0·978

Bei van Genderen Stort allein, der normalen Farbensinn hat, ist der Coëfficient von 30 ⊂⊃ 70 Li weit unterhalb Eins, nämlich 0.638, also übereinstimmend mit denen von mir und Anderen mit normalem Farbensinn.

Bei den drei Folgenden, sämmtlich Rothblinden, hat der grosse Coëfficient nur bei Li 90 und Li 95 Bedeutung, weil dabei erst die Intensität von Li gegenüber der von Tl in Betracht kommt: dabei schwanken die Coëfficienten nur zwischen 0·947 und 1.036 und bewegen sich also um die Einheit.

Bei den zwei Letzten, Grünblinden, hat man nur auf das 70 Li ⊂⊃ 30 Tl zu achten, eine Combination, welche bei Normalen einen Coëfficienten von ungefähr 0·6 giebt und hier in beiden Fällen >1 ist und so jedenfalls als 1 angesehen werden darf.

Es liegt auf der Hand, dies Ergebniss mit der Gleichheit des Charakters der beiden Farben Tl und Li, welche beide für Farbenblinden zur warmen Farbe gehören, in Verbindung zu bringen.

Nach Allem, was mitgetheilt worden, kann wohl kein Zweifel über das Resultat bestehen, dass, wenn Roth und Grün einander neutralisiren, die Intensität ansehnlich geringer ist als die Summe der Intensitäten beider.

Dies Ergebniss überraschte mich.

Bei schon früher mit Dr. Waelchli angestellten Experimenten hatte sich uns ergeben, dass Weiss, welches aus Gelb und Indigo oder Purpur hergestellt wird, die Componenten von Gelb weit übertraf und an Intensität gleich geschätzt werden durfte mit der Summe der Intensitäten von Gelb und Purpur. Zuvor hatte Weinhold[1] bei gleichartigen Versuchen schon ein gleiches Resultat gewonnen und auch Brücke[2] fand, dass nicht-spectrale Farbenpaare (er sagt es ausdrücklich von Roth und Blau) eine Mischung bilden, welche an Intensität gleich steht mit der Summe derjenigen der Componenten.

Ueber die Bedeutung der, für Mischungen von Tl und Li jetzt sicher festgestellten Thatsache werde ich mich nicht verbreiten, bevor ich ähnliche Vergleichungen für die Combination an den verschiedenen Spectralfarben, sowohl der an einander grenzenden einfachen, als der weiter auseinander gelegenen mit der erforderlichen Genauigkeit angestellt haben werde. Vorläufig möge hingewiesen werden auf meine Mittheilung[3], dass, ebenso wie für Mischungen von Li-Roth und Tl-Grün, die Intensitäten von Mischungen von Na-Gelb (λ 0·5892) und Blaugrün (λ 0.503) geringer sind als die Summen der Intensitäten der Componenten (Waelchli, Straub, Donders). Später hat sich ergeben, dass für Mischungen von Na und Li und von Li und Tl der Coëfficient nicht oder kaum von der Einheit abweicht. Für Mischungen von Roth und Blau oder Indigo (die in Sättigung stets weit unter dem entsprechenden Violett bleiben) ist der Coëfficient viel niedriger (Donders, Straub).

---

[1] Poggendorff's *Annalen.* Bd. II. N. F. 1877. S. 631.

[2] *Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften.* 1882. Bd. LXXXIV. Abth. 3. S. 440.

[3] *Kon. Akad. van Wetenschappen.* Zitting van 20. December 1883.

Experimentelle Beiträge zur Physiologie des Fischgehirnes.

Von

Dr. Margarethe Traube-Mengarini.

(Aus dem physiologischen Institut der Berliner Universität.)

Auf Veranlassung des Hrn. Prof. Arthur Christiani und unter dessen Leitung stellte ich seit dem November vorigen Jahres an den mir in Berlin zugänglichen Süsswasserfischen, die hier nachstehend mitgetheilten Untersuchungen an, die ich späterhin an Seefischen zu verfolgen gedenke.

Da die verschiedenen Forscher bisher über die Benennung der mittleren Theile des Fischgehirnes sich nicht haben einigen können, will ich, um durch die Namengebung nicht zu praejudiciren, von den Fischgehirnen Abbildungen geben (Figg. 1 bis 4), und durch die lateinischen Ziffern II, III, IV die bei meinen Untersuchungen in Frage kommenden Theile bezeichnen. Soweit aber auch sonst die Ansichten über die Bedeutung der Theile des Fischgehirnes auseinander gehen, darüber ist man einig, dass die letzte, über dem vierten Ventrikel (IV) gelegene Anschwellung als Cerebellum zu bezeichnen ist. Diese Benennung behalte ich deshalb bei.

Von physiologischen Untersuchungen am Fischgehirn existiren, soweit ich es ermitteln konnte, nur die von Vulpian und Philipeaux[1] und die von Ferrier.[2] Ferrier, der mit den erstgenannten Forschern bis auf einen unten (s. S. 557) näher zu besprechenden Punkt in den Hauptsachen übereinstimmt, stellt folgende Behauptungen auf:

1) Die Entfernung der Grosshirnhemisphaeren zieht keine Gleichgewichtsstörungen nach sich.

---

[1] *Leçons sur la physiologie générale et comparée du système nerveux.* Paris 1866.

[2] *Die Functionen des Gehirnes.* Uebersetzt von Obersteiner. Braunschweig 1879.

2) Oberflächliche Verletzung der Vierhügel (Lobi optici) hat deutliche Unregelmässigheiten in der Aequilibration zur Folge. Vollständige Abtragung derselben macht die Aequilibration und Locomotion gänzlich unmöglich. Die Action der Lobi optici ist keine directe, d. h. mit der Reizung gleichseitige.

3) Verletzungen des Kleinhirnes machen coordinirte Schwimmbewegungen nicht unmöglich; jedoch schwimmen die Thiere nach einer Verletzung desselben auf einer Seite oder auf dem Rücken und halten niemals wieder ihre normale Stellung und Gleichgewichtslage ein.

4) Die Fähigkeit der Fortbewegung ist dem Fische, der nur noch das Kleinhirn besitzt, verloren.

5) Die Lobi optici sind zum Unterschiede von den Grosshirnhemisphaeren gegen die verschiedenen Reizformen sehr empfindlich.

Was meine Untersuchungen betrifft, so bediente ich mich des von Hrn. Prof. Christiani angegebenen höchst einfachen Verfahrens, die Schädelhöhle in kürzester Zeit durch Absprengung der Deckknochen mittels der Knochenzange freizulegen.

Bei den Fischen mit dünner Kopfhaut wird sogar diese nicht einmal erst abgetrennt; bei den anderen, z. B. bei Silurus und Lota wird die lederartige Kopfhaut in der Medianlinie aufgeschnitten und zur Seite geschlagen.

Am zweckmässigsten geht man mit der Zange dicht hinter dem Auge ein. Dann gelingt es mit einem oder zwei Ansätzen, die dünnen Parietalknochen des Fisches weit genug abzusprengen, um das die Schädelhöhle bekanntlich sehr unvollständig, namentlich nach obenhin, ausfüllende Gehirn freizulegen.

Es galt zunächst festzustellen, ob diese Operation, vor allen Dingen aber die erzielte Offenlegung der Schädelhöhle, nicht allein schon genügte, um den Fisch in einen abnormen Zustand zu bringen und dadurch die darauf folgenden Versuche zu entwerthen.

Dass die Operation als solche für den Fisch ohne besondere Gefahr verläuft, wird wohl Niemand bezweifeln, der je mit Fischen experimentirt hat. Nur ist möglichst schnell zu operiren, einmal, um den Fisch nicht zu lange in der Luft zu behalten, andererseits aber auch, um venöse Stauungen und Blutungen zu vermeiden. Ein schädlicher Einfluss von dem Contacte des Gehirnes mit Luft und Wasser erscheint von vornherein zwar als das am schwersten zu Vermeidende; allein ein solcher ist, wie meine Untersuchungen mir ergaben, keineswegs vorhanden, indem das der Schädeldecke

beraubte Gehirn mit beiden Medien zunächst gar nicht in Berührung kommt, sondern völlig isolirt bleibt. Die Isolirung wird durch eine Fettmasse bewirkt, welche die, wie oben bemerkt, für das Gehirn viel zu grosse Schädelhöhle im Uebrigen ganz ausfüllt. Diese Fettmasse ist völlig durchsichtig und farblos bei all' den Fischen, welche ich daraufhin untersucht habe, mit Ausnahme des Karpfens. Bei diesem ist sie grau, undurchsichtig und mit pigmentirtem Bindegewebe durchsetzt. Ich habe es deshalb sehr bald aufgegeben, diesen Fisch als Versuchsthier in den Fällen zu benutzen, die einen Einblick in das lebende Gehirn fordern, da eine Entfernung dieser Fettmasse nicht zulässig erscheint. Pinselt man nämlich äusserst vorsichtig diese Masse aus und bringt so das Gehirn in Contact mit Wasser, so werden die Thiere sehr bald matt und verlieren das Gleichgewicht schon ohne Weiteres Zuthun des Experimentators, offenbar durch den schädlichen Einfluss der directen Berührung der nervösen Gebilde mit dem Aufenthaltswasser.

Setzt man einen operirten Fisch, dem die Fettmasse erhalten ist, in das Wasser zurück, so schwimmt er hurtig davon, macht einige heftige Bewegungen, um sich der lästigen Luft zu entledigen, und kehrt dann zu seinem gewöhnlichen Verhalten zurück.

Wie lange ein solcher Fisch sich zu halten vermag, habe ich nie abgewartet. Ich kann nur sagen, dass er länger, als es für die sämmtlichen Beobachtungen nöthig ist, ganz wohl und munter bleibt und sich in seinem Verhalten von dem nicht operirter Fische durchaus nicht unterscheidet.

Als Versuchsthiere dienten mir hauptsächlich:

Esox lucius,
Lota vulgaris,
Silurus glanis.

Ausserdem:

Cyprinus carpio,
Cyprinus carassius,
Tinca chrysitis.

Die Resultate waren bei allen dieselben.

Anstatt die Schädelhöhle frei zu legen, und dann zu operiren, ist es in Fällen, in denen es sich um einmalige Einstiche in vorher bestimmte Punkte handelt, zweckmässig, mit einer starken Nadel in die geschlossene Schädelhöhle einzugehen. Ich bediente mich dazu einer an der Spitze leicht abgestumpften Pfrieme. Es ist leicht an der äusseren Haut der verschiedenen Fische Punkte festzustellen, bei deren Durchbohrung man eine bestimmte der hinter einander liegenden Anschwellungen des Gehirnes in der Medianlinie und seitlich trifft. Als solche Anhaltspunkte für die

Lage der verschiedenen Anschwellungen dienen die Augen und die hinter ihnen gelegenen Knochenvorsprünge.

Da für einige der Operationen einfache Nadelstiche genügen, die nachher wohl im Knochen, nicht aber im Gehirn wiederzufinden sind, muss man diese vor der Section durch nochmaliges Eingehen in die Stichwunde etwas vergrössern, um sie überhaupt sichtbar zu machen.

Ich ging in meinen Untersuchungen folgweise von den hinter den Bulbi olfactorii gelegenen Anschwellungen bis zum Cerebellum vor.

Was die gänzliche Abtrennung der sogenannten Grosshirnhemisphaeren betrifft, so kann ich Ferrier's Resultate nur bestätigen. Die Thiere halten sich nach wie vor auf dem Bauche und ihre Locomotion bleibt normal. Gleich negativen Erfolg hat die mediane Trennung dieser Anschwellung. Seitliche Verletzungen ergeben Reitbahnbewegungen nach der gesunden Seite. Ebenso kann ich die Behauptung Ferrier's, dass gänzliche Abtrennung der Lobi optici den Fisch dauernd aus dem Gleichgewicht bringe, nur bestätigen. Nicht ein Gleiches ist der Fall mit folgender Angabe Ferrier's:[1]

„In einer Reihe von ähnlichen Versuchen (wie die am Frosche) welche ich an Fischen anstellte, habe ich gefunden, dass oberflächliche Verletzung der Lobi optici deutliche Unregelmässigkeit in der Bewegung hervorruft, in der Weise, dass das Thier bald auf der einen, bald auf der anderen Seite, oder auf dem Rücken schwimmt, oder sich um seine Längsaxe rollt, aber niemals im Stande ist, in seiner normalen Stellung zu schwimmen.“

Mit dieser Angabe Ferrier's kann ich meine Befunde nicht in Einklang bringen. Es genügt hier, einige Versuche anzuführen, aus denen hervorgeht, dass oberflächliche Verletzungen, d. h. solche, die nicht die Basis von III trafen, nichts weiter als die gewöhnlichen reitbahnartigen Zwangsbewegungen bewirkten, und dass diese Störungen durch symmetrische Verletzungen corrigirt werden konnten.

Auch die Rollbewegungen um die Längsaxe ergaben sich mir als Folgen seitlicher Verletzungen und zwar wahrscheinlich seitlicher Verletzungen der Basis von III, die ebenfalls symmetrisch corrigirt werden konnten. Ich habe wenigstens Rollbewegungen um die Längsaxe nach seitlicher Verletzung von III stets nur dann beobachtet, wenn die Basis mit verletzt war.

Versuch 4. Einem Silurus soll nach Blosslegung der Schädelhöhle mit einer kleinen Trocarthülse die Mitte von III ausgestochen werden. Der Durchstich fällt aber seitlich ein und trifft nur die über der Basis gelegenen Theile. Das Thier bleibt auf dem Bauche und macht Reitbahnbewegungen.

---

[1] A. a. O. S. 83.

Versuch 7. Eine kleine Lota wird auf der linken Seite von III angestochen. Sie macht Reitbahnbewegungen nach rechts. Correction durch symmetrischen Einstich rechts. Das Thier schwimmt darauf, wie im gesunden Zustande.

Versuch 34. Einem Hecht wird die Schädelhöhle blossgelegt. Das nervöse Gebilde, welches als Dach von III Jedem verständlich bezeichnet werden darf, wird abgetragen, so dass die Basis mit ihren ganglienartigen Anschwellungen freiliegt: Das Thier schwimmt weiter auf dem Bauch.

Versuch 17. Einer Lota wird ein Einstich in die geschlossene Schädelhöhle gemacht. Es erfolgen Rollbewegungen mit Seitenlage wechselnd. Die Section ergiebt, dass der Einstich seitlich in III gefallen ist und den gleichseitigen Lobus inferior durchbohrt hat.

Ich führe nun einen der Fälle an, in denen die auf eine seitliche Verletzung erfolgte Rollbewegung durch symmetrische Verletzung wieder aufgehoben wird. Der Versuch führt gleichzeitig ein anderes Phaenomen ein, nämlich die für Zerstörung einer ganz bestimmten mittleren Stelle charakteristische Seitenlage des Fisches, worauf ich später zurückkomme.

Versuch 10. Einstich in die geschlossene Schädelhöhle einer Lota: Seitenlage, die durch Rollbewegung unterbrochen wird. Durch Correction des etwas seitlich ausgefallenen Stiches Seitenlage ohne Rollbewegung; verlangsamte und vertiefte Athmung.

Ich komme jetzt zu den auf Verletzung des Cerebellums eintretenden Störungen.

Ferrier hält im Gegensatz zu Philipeaux und Vulpian, die dem Cerebellum jeden Einfluss auf die Locomotion und Aequilibration absprechen, aufrecht, dass zwar „Verletzungen des Kleinhirns die coordinirten Schwimmbewegungen nicht unmöglich machen,“ doch habe er „regelmässig beobachtet, dass die Thiere nach einer Verletzung desselben entweder auf der Seite oder auf dem Rücken schwimmen, und niemals ihre normale Stellung und Gleichgewichtslage einhalten.“

Hierzu kann ich nur bemerken, dass, soweit man aus der Untersuchung an zwei verhältnissmässig nahe verwandten Fischen allgemeine Schlüsse ziehen darf, die von Vulpian und Philipeaux gemachte Angabe zu Recht besteht, indem nach meinen Versuchen durch Entfernung des Cerebellums der Fische weder Locomotion noch Aequilibration beeinflusst wird.

Meine hierauf bezüglichen Versuche beschränkten sich auf Esox und Lota, da bei den anderen mir zu Gebote stehenden Arten eine gänzliche Abtragung des Cerebellums ohne Verletzung der directen Verbindung zwischen

der Medulla und den übrigen Hirntheilen mir unmöglich schien.

Bei Esox und Lota hingegen liegt das Cerebellum frei über dem vierten Ventrikel und ist nur an der vorderen Seite mit dem übrigen Gehirn verwachsen, so dass es ein Leichtes ist, jegliche Operation an demselben auszuführen oder es auch gänzlich abzutragen.

Ich führe hier einige Versuche an, die zeigen, dass dem Fische nicht nur die Locomotion, sondern auch die Aequilibration nach Abtragung des ganzen Cerebellums erhalten bleibt, wie auch, dass die durch Verletzung desselben herbeigeführten Zwangsbewegungen durch seine gänzliche Abtragung corrigirt werden können.

Versuch 14. Einem Hecht wird die Schädelhöhle blossgelegt. Nach gänzlicher Abtragung des Cerebellums schwimmt das Thier in seiner gewöhnlichen Lage weiter; zuerst aufgeregt, später normal. Es nimmt auch nicht einmal vorübergehend Seiten- oder Rückenlage ein.

Versuch 32. Einer kleinen Lota wird die Schädelhöhle geöffnet. Einseitige Verletzung des Cerebellums hat Reitbahnbewegung zur Folge. Diese hört mit der gänzlichen Abtragung des Cerebellums auf, ohne dass das Thier aus seiner Bauchlage irgendwie aufgestört oder in seinen Schwimmbewegungen gehemmt wurde.

Ich gehe jetzt zu den Operationen an III über, die von den bisher erwähnten dadurch streng geschieden sind, dass ihre Folgen weder durch corrigirende Stiche oder Schnitte, noch durch Abtragung der ganzen Anschwellung aufzuheben sind.

Zunächst fällt es auf, wie viel heftiger der Fisch auf jeden in III applicirten Reiz reagirt. Ich komme später noch auf die Reizerscheinungen der verschiedenen Centren zurück. Hier spreche ich von den allgemeinen Erscheinungen, die sich darbieten, wenn man die Basis III mit einer elektrischen Pincette berührt, oder sie durch leichte Stiche mit einer ganz feinen Nadel reizt.

Derartige Reize auf die anderen Anschwellungen haben gar keinen sichtbaren Erfolg. Jeder Reiz auf III hingegen, bringt bei dem Fische Abwehrbewegungen mit dem Kopfe hervor, als suche er ihm etwas äusserst Unangenehmes zu beseitigen. Besonders charakteristisch ist dann auch sein Schnellen an die Oberfläche und das Bedürfniss, von Zeit zu Zeit Luft zu schnappen. Dieses Schnappen von Luft und das Ausstossen mindestens eines Theiles derselben durch die Kiemen kann man an jedem in Athemnoth versetzten Fisch beobachten[1]; und dies spricht schon an und

[1] Vgl. Dr. C. Sachs' *Untersuchungen am Zitteraal.* Herausgegeben von E. du Bois-Reymond. Leipzig 1881. S. 98.

für sich für den Zusammenhang von III mit der Respiration, wie das auch der gröbste der angestellten Versuche zeigt.

Trägt man nämlich die Lobi optici gänzlich ab, so liegt nicht nur, wie Ferrier ganz richtig sagt, das Thier auf der Seite und ist unfähig, sich vorwärts zu bringen, sondern es kann zuerst die Athmung bis eine halbe Stunde und wohl noch länger aussetzen, um schliesslich ganz unregelmässig wieder zu beginnen: es wechseln dann minutenlange Pausen mit kurzen, ganz schwachen Athemzügen, die nicht mehr durch Aufreissen des Maules, sondern nur noch durch Zucken der Kiemendeckel hervorgebracht werden.

In diesem Zustande befindet sich ein Fisch, dem ausser der Medulla nur noch das Cerebellum erhalten ist. Es ist ganz unmöglich, die mittlere Anschwellung völlig ausser Spiel zu bringen, ohne zugleich die Verbindung zwischen Medulla und den vorderen Anschwellungen (II) zu zerstören.

Dieser Umstand, dass gleichzeitige Abtrennung der Grosshirnhemisphaeren die völlige Fortnahme von III nothwendig begleitet, erschüttert jedoch die Behauptung nicht, dass auch die alleinige Ausschaltung von III Aequilibration und Locomotion aufheben und die Athmung hemmen würde. Denn erstens haben wir schon gesehen, dass die sogenannten Grosshirnhemisphaeren dem Thiere genommen werden können, ohne diese Functionen zu beeinträchtigen, und zweitens werde ich gleich zeigen, dass es sogar nicht einmal nöthig ist, die ganze Basis zu zerstören, — das Dach der Anschwellung kommt, wie ich schon oben S. 557 gezeigt habe, überhaupt nicht in Betracht — sondern dass es sich hier um Stellen von sehr geringer Ausdehnung handelt, deren Zerstörung allein genügt, den Fisch um gewisse Functionen zu bringen. Charakteristisch, wie die Folgen dieser localisirten Zerstörungen, sind auch die Folgen von Reizen an den betreffenden Stellen.

Diese Stellen, („Centren“) finden sich an der Basis von III und zwar genau auf der Medianlinie. Sie entsprechen denen, die Hr. Professor Christiani am Boden des dritten Ventrikels im Kaninchengehirne gefunden hat und zwar in etwas veränderter Reihenfolge.

Sie liegen so nahe hintereinander, dass ihre isolirte Zerstörung nur unvollkommen gelingt. Ich führe deshalb zuerst die Reizversuche an, die ihre ganz specielle Natur am klarsten zeigen. Die Reize wurden hauptsächlich durch die elektrische Pincette und einen ganz schwachen Inductionsstrom bewirkt, der eben noch auf der Zunge fühlbar ist. Aber auch mechanische Reize, bestehend in leicht auf die unterliegenden Theile drückenden Nadelstichen, wurden angewendet. Ausserdem versteht es sich von selbst, dass auch jeder zerstörende Stich oder Schnitt als mit einem

augenblicklichen, vorübergehenden Reiz der betreffenden Stelle verbunden, berücksichtigt wurde.

Versuch 14: Einer Lota wird die Schädelhöhle blossgelegt. Leichtes Einstechen kurz vor Anfang der Medianlinie von III und Reizung mit der elektrischen Pincette beschleunigen die Athmung.

Versuch 30. Dieselbe Operation. Der Inductionsstrom wird angewendet. Als Elektroden dienen feine und nur durch eine dünne Schicht von Seidenfäden getrennte Nähnadelspitzen. Auf Reizung des Beginns der Medianlinie steigt die Athemfrequenz von 22 auf 30 in der Minute. Eingehen in der Mitte hat Stillstehen der Athmung zur Folge.

Vorsuch 32: Dasselbe Verfahren. Ein Einstich am Beginn der Medianlinie hat heftige Inspirationen zur Folge.

Versuch 35: Einem Hecht wird durch Stich mit der Pfrieme in die geschlossene Schädelhöhle eingedrungen. Er wird dunkel und fällt auf die Seite; bewegt noch die Flossen, ohne sich vorwärts zu bringen. Athmung beschleunigt, aber regelmässig. Elektrische Reizung in die Einstichsstelle hat Tetanus sur Folge. Der Stich fiel, wie die Section ergab, in III auf die Grenze zwischen erstem und zweitem Drittel.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass ein Reiz am Beginn der Medianlinie von III die Respiration beschleunigt, dass in der Mitte von III auf denselben Reiz Hemmung der Athmung eintritt, und schliesslich, dass zwischen beiden Stellen eine Stelle ist, deren Reiz Tetanus bewirkt. Wenn ich beim Fische von Inspirationen und Exspirationen spreche, so geschieht das im Sinne von Flourens', der als Kennzeichen für stattfindende Inspiration Aufreissen des Maules und Ausdehnung des Kiemenkorbes hinstellt, und als Exspirationszeichen Aufreissen der Kiemenspalten. Bei Reizung des ersten Centrums machen sich besonders tiefe Inspirationen geltend, bei Reizung des dritten steht die Athmung mit Aufreissen der Kiemen still. Unter Annahme der von Flourens gegebenen Kennzeichen stimmen meine Beobachtungen, wie man sieht, mit denen von Hrn. Prof. Christiani[1] am Kaninchen gemachten Befunden über im Mittelgehirn gelegene Athemcentren überein.

Wenn auch zum Theil die drei beschriebenen Centren in einander überzugehen scheinen, so bleiben sie doch insofern von einander trennbar, als die Wirkung des durch den Ort des Einstiches direct Gewählten stets in ganzer Grösse auftritt, während die von dem nur in Mitleidenschaft gezogenen beobachteten Centrum ausgehende unvollständiger ausfällt.

---

[1] *Monatsberichte der Berliner Akademie.* 1881. S. 213.

Ich führe zuerst die Versuche an, in denen gleichzeitig alle drei Centren durch einen Schnitt längs der Medianlinie ausgeschaltet werden.

Versuch 1: Einem Silurus wird die Schädelhöhle blossgelegt. Nachdem ihm die mittlere Anschwellung der Länge nach gespalten ist, geräth er dauernd in die Seitenlage. Die Bewegungen der Flossen haben aufgehört. Nur der Schwanz bewegt sich noch. Mit dem Schnitt haben die Athembewegungen aufgehört. Während der Schnittführung Tetanus. Auf Reiz des vierten Ventrikels stellen sich dann wieder schwache und unregelmässige Respirationen ein. Der Längsschnitt in der Medianlinie von III hat stets denselben, eben berichteten Erfolg.

Ich führe nun ein Beispiel an von unvollkommen gestörter Coordination, d. h. von Erhaltung der Locomotion bei Aufhebung der Aequilibration. In diesen Fällen ist die Verletzung mehr nach vorn gefallen.

Versuch 3: Einem Silurus wird mit einer kleinen Trocarthülse das in Fig. 1 kreisförmig punktirte Stück ausgestochen. Er athmet beschleunigter, schnappt an der Oberfläche Luft; schwimmt aber nur noch in der Rückenlage, aus der er sich bei der Fortbewegung nicht mehr umzuwenden vermag; wenn er still liegt, liegt er auf der Seite.

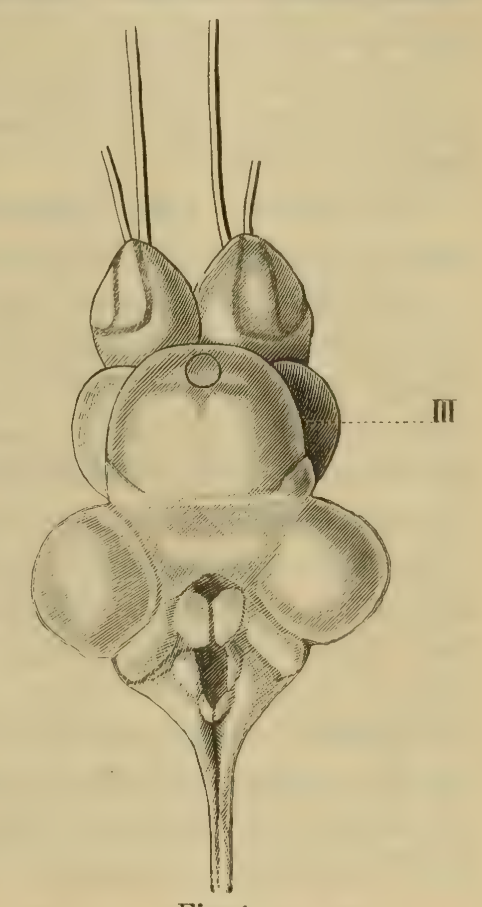


Fig. 1.
Gehirn von Silurus glanis.
Rückenansicht.

In diesem Falle, in dem der Fisch noch der zur Locomotion nöthigen Bewegungen mächtig ist, scheint er allein die Herrschaft über seine Schwimmblase verloren zu haben, die für seine Aequilibration hauptsächlich in Betracht kommt. Vergleichsweise entleerte ich einem Fische nach dem Vorgehen Armand Moreau's die Schwimmblase mit dem Trocart. Die Aehnlichkeit im Verhalten eines Fisches mit von Gas entleerter Schwimmblase mit einem gleicher Art, der die Herrschaft über die gasführende Schwimmblase verloren hat, ist frappant bis auf den Umstand, dass der eine an den Boden gebannt ist, während sich der andere an der Oberfläche halten kann. Beide athmen beschleunigt, beide machen die äussersten Anstrengungen, von Zeit zu Zeit Luft zu schnappen. Der

Fisch ohne Gas in der Blase schnellt sich zu diesem Behufe im Sprunge in die Höhe und kann so bei geringer Tiefe die Oberfläche erreichen. Beide Fische sind aufgeregter, als es gewöhnlich ihre Fischnatur zulässt, und sind unfähig, sich in der Bauchlage zu halten, auch wenn ihnen von aussen dazu verholfen wird.

Ich gehe jetzt zu den Fällen über, in denen direct das mittlere Centrum zerstört und die vor oder die hinter liegende Stelle gleichzeitig leicht mitgereizt wurde.

Der erste anzuführende Fall gehört zwar zum Theil in die corrigirbaren Verletzungen; er ist aber so schlagend, dass ich ihn hier nicht auslassen mochte.

Versuch 7: Einer kleinen Lota wird auf der linken Seite von III auf der Grenze zwischen erstem und zweitem Drittel ein Einstich gemacht. Es folgt Reitbahnbewegung nach rechts. Durch symmetrischen Einstich rechts wird corrigirt. Das Thier schwimmt wie in gesundem Zustande. Darauf wird auf der transversalen Linie zwischen beiden Einstichen ein dritter genau in der Mitte gemacht. Es erfolgt dauernde Seitenlage und die Athmung wird beschleunigt. Diese Seitenlage ist das wahrhaft Charakteristische eines seiner Coordinationsbewegungen auf die angeführte Weise beraubten Fisches. Das Thier bildet, auf einer Seite liegend, einen Bogen; der die vordere Abtheilung der Schwimmblase enthaltende Körpertheil kommt dabei am höchsten zu liegen; der Kopf liegt ein wenig tiefer und der übrige Körper hängt ganz tief herab in der Weise, dass das Thier bei geringer Wassertiefe sich mit der Schwanzflosse gegen den Boden des Bassins stemmt; die Flossen spielen noch. Wie man sieht, ist der Anblick des so operirten Fisches von dem todter oder kranker, gleichgewichtsloser Fische noch sehr verschieden.

Aber noch unter anderen Umständen, als nach der operativen Zerstörung, kann die für die Verletzung der mittleren Stelle charakteristische Lage eingenommen werden. So habe ich dieselbe beobachtet: erstens einmal bei einer Lota, die ganz mit Saprolegnien bedeckt war. Sie lag in der operirten Fischen charakteristischen Lage; die Athmung war langsam und unregelmässig. Zeitweilig Schnappen nach Luft.

Die Section ergab eine merkwürdige Veränderung des Gehirnes. Nur die Medulla hatte ein normales Aussehen. Die übrigen Anschwellungen waren ungemein blass und von gallertartiger Consistenz.

Der zweite Fall betrifft Goldfische. Dieselben hielten sich ungefähr in der Lage der operirten Lota. Ein Goldfisch, dem ich die vordere Schwimmblase entleert hatte, stand darnach stundenlang Kopf.

Diese gezwungenen Stellungen müssen also jedenfalls ihren Grund in einer unpassenden Vertheilung der Schwimmblasgase haben. Ich führe

noch einige Beispiele an, welche noch eine andere Wirkung der Zerstörung des mittleren Centrums kennen lehren.

Versuch 35: Einem hellolivengrünen Hecht wird in die geschlossene Schädelhöhle eingestochen. Er fällt auf die Seite; bewegt noch die Flossen, ohne sich vorwärts zu bringen; Athmung beschleunigt, aber regelmässig. Mit dem Eintreffen des Stiches wurde das Thier sofort tiefdunkel. Es wird aus dem Wasser genommen und an der Einstichsstelle elektrisch gereizt. Der Erfolg ist Tetanus, Hellwerden und Erweiterung der Pupille. Bei elektrischer Reizung etwas mehr nach hinten vom ersten Stich geht die Aufhellung weiter; die Pupille verengert sich. Dieser in Verdunkelung bestehende Farbenwechsel ist für die Verletzung der genannten Stelle charakteristisch bei Esox und Lota; weniger auffallend, wenngleich auch stets nachweisbar, zeigt sich die Erscheinung bei Silurus. Einstiche in das sogen. Grosshirn (II) bleiben in dieser Hinsicht resultatlos. Hingegen kann man eine Verdunkelung auch bei Zerstörung des Rückenmarks beobachten.

Seitliche Verletzung von III hat halbseitiges Dunkelwerden des Kopfes zur Folge, wie aus folgendem Versuche hervorgeht:

Einem Hecht wird seitlich in das erste Viertel von III eingestochen. Es folgt Reitbahnbewegung und halbseitige Verdunkelung des Kopfes, der Fisch war hellolivengrün und sein Kopf wird nun auf einer Seite dunkelgrün, fast schwarz.

Psychische Reize, welche, wie leicht beobachtbar, den normalen Hecht ganz hell werden lassen, vermögen den durch Zerstörung des mittleren Centrums dunkel gewordenen Fisch nur noch unvollkommen aufzuhellen. Er wird im Allgemeinen nicht mehr gleichmässig einfarbig hell, sondern fleckig und streifig.

Ich führe nun einige Versuche an, in denen das mittlere Centrum zerstört wurde und zwar mit Reizung der dahinter liegenden Stelle.

Versuch 13: Einer Lota wird die Schädelhöhle blossgelegt. Halbirung der Lobi optici in frontaler Richtung ergiebt dauernde Seitenlage, Aufhebung der zweckmässigen Schwimmbewegungen und Verlangsamung der Athmung. Das Thier ist noch nach einer Stunde am Leben.

Versuch 24: Einem Hecht wird in die geschlossene Schädelhöhle eingestochen. Der Stich fällt fast in die Mitte der Lobi optici und hat Seitenlage, verlangsamtes Athmen und Dunkelwerden der Haut zur Folge.

In allen Fällen von Zerstörung des mittleren Centrums gerathen die Thiere im Augenblicke der Einführung des zerstörenden Instrumentes in tetanischen Zustand.

Einstiche in die hintere Hälfte der Lobi optici haben Athemhemmung — die Athmung setzt dann eine halbe Stunde und länger ganz aus — und Verlust der Aequilibration zur Folge.

Versuch 30: Einem Hecht wird in die geschlossene Schädelhöhle eingestochen. Auf dem ersten Stich folgt Schwanken und Verdunkelung der Haut. Das Thier erholt sich und wird wieder hell. Es wird ein zweiter Stich hinter dem ersten applicirt. Das Thier fällt zur Seite; tiefe Dunkelheit der Haut; die Athmung ist gehemmt; das Thier thut nur noch in langen Pausen ganz unregelmässige Athemzüge: tiefe Inspirationen

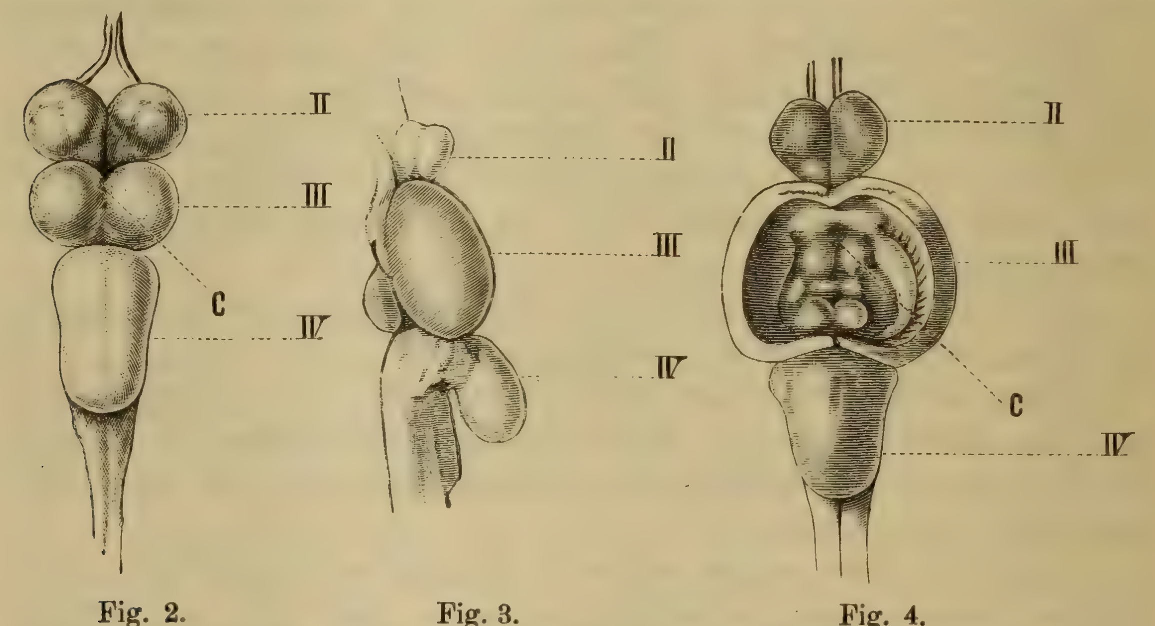


Fig. 2. Gehirn von Lota vulg. Rückenansicht.

Fig. 3. Gehirn von Esox lucius. Seitenansicht.

Fig. 4. Gehirn von Esox lucius. Rückenansicht nach Abtragung des Daches von III.

und ungemein weite Exspirationen (durch Aufreissen der Kiemen). Das Thier ist unter Wasser operirt worden und lässt dennoch in diesem Zustande Luft durch die Kiemen austreten. Der Fisch ist noch fähig zu schwimmen, aber nur in der Rückenlage.

Es schien mir, als ob der Fisch in diesem Zustande Luft aus der Schwimmblase entliess, um das verlorene Gleichgewicht wieder zu erlangen. Der zweite Stich fiel etwas hinter die Mitte von III in die Medianlinie.

Ich fasse zum Schluss die gewonnenen Resultate kurz zusammen: Nicht die gesammten, sogenannten Lobi optici haben zu der Aequilibration und Locomotion eine besondere Beziehung, sondern nur eine an ihrer Basis befindliche circumscripte Stelle C in Fig. 3 und 4. Vor und hinter derselben befinden sich zwei in Beziehung zur Respiration stehende Stellen.

Elektrische Reizung des vorderen dieser „Centren“ beschleunigt die Athmung; elektrische Reizung des anderen hemmt sie; die elektrische Reizung der mittleren Stelle bewirkt tetanische Krämpfe. Zerstörung aller drei Stellen durch einen Längsschnitt in der Medianlinie von III bedingt Athemhemmung und Aufhebung der Aequilibration und der coordinirten Bewegungen. Zerstörung der mittleren Stelle allein bewirkt während der Zerstörung Tetanus, dem dauernde Aufhebung, sowohl der Aequilibrations- als auch der Locomotionsfähigkeit, sowie ein Farbenwechsel des Thieres und zwar Verdunkelung der Haut folgt. Ein Einstich dicht vor dieser mittleren Stelle, welche im Anschluss an die Christiani'schen Befunde am Kaninchen „das Coordinationscentrum“ zu nennen ist, beschleunigt die Athmung, ein Einstich dicht hinter derselben hemmt die Athmung; beide Stiche heben bei Erhaltung der Locomotionsfähigkeit nur die Aequilibration auf.

Berlin, 1. August 1884.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1883—84.

XVIII. Sitzung am 18. Juli 1884.[1]

Hr. H. Krause hielt den angekündigten Vortrag: „Zur Kenntniss von den Stimmbandcontracturen."

Zuerst im Jahre 1863 wurde von Gerhardt eine Krankheit beschrieben, welche im Wesentlichen in einer dauernden Glottisverengerung (Adductions- oder Medianstellung der Stimmbänder) bestehend zu hochgradiger Athemnoth und Erstickungsanfällen und, wenn nicht rechtzeitig eingeschritten wird, zum Tode führt. Später bestätigten andere Autoren das Vorkommen der Krankheit, meistens bei Aortenaneurysmen, Strumen u. s. w., doch galt sie bis vor Kurzem als selten. Man suchte das Wesen der Krankheit ausschliesslich in einer Lähmung der Mm. cricoaryt. postici, oder der zu ihnen führenden Nervenfasern des N. laryng. inf. Neuerdings wurde die Häufigkeit dieses Leidens nachgewiesen und die Ursache desselben bei centralen oder peripheren Laesionen des Vagus, Accessorius und Recurrens in einer „Vorneigung der Abductorfasern eher als die Adductorfasern des Laryng. inf. oder sogar ausschliesslich zu erkranken", gesucht (Semon). Die meisten Autoren aber, wie Türck, Riegel, Penzoldt, geben zu, dass mit der Annahme der Lähmung der Erweitererfasern oder der Erweiterer selbst als Ursache der Krankheitserscheinungen eine ausreichende Erklärung derselben nicht erbracht sei. Trotzdem halten sie Mangels einer anderen Deutung daran fest. Gerhardt glaubt, myopathische Lähmung der Mm. postici als Ursache annehmen zu müssen. Riegel, obgleich er das ausschliessliche Betroffenwerden der zu den Erweiterern führenden Nervenfasern als ein „besonderes Spiel des Zufalls" bezeichnet, ist doch überzeugt, dass eine andere Deutung als primäre Lähmung der Erweiterernervenfasern nicht zulässig sei. Penzoldt, welcher die Krankheit als ein Symptom bei syphilitischer Gehirnsklerose beobachtete, hält ebenfalls die Erweitererlähmung aetiologisch für ungenügend, acceptirt sie aber doch, und sucht die Erklärung dafür in der isolirten Stellung der Postici gegenüber den übrigen Muskeln, welche durch ihre Synergie an Kraft überwiegen.

[1] Ausgegeben am 25. Juli 1884.

Rosenbach und Semon urgiren die Analogie der Erweiterer mit den Extensoren und Abductoren der Extremitäten, welche nach ihnen bei Lähmungen in weit stärkerem Maasse afficirt zu werden pflegen als die Beuger und Adductoren. Semon postulirt ausserdem die Existenz eines eigenen Gangliencentrums für die Erweiterer zur Erklärung der Lähmung dieser Muskeln bei centralen Läsionen. Für periphere Läsionen acceptirt er die Deutung Penzoldt's und hält es auch für möglich, dass die mehr automatische Thätigkeit der Abductoren sie zu Erkrankungen geneigter mache als die Adductoren.

Mir schienen diese Erklärungen keinen befriedigenden Aufschluss über das eigentliche Wesen des Leidens zu geben, und ich ging deshalb an die experimentelle Prüfung der Frage, deren Ausführung im physiologischen Laboratorium der hiesigen Thierarzneischule mir Hr. Prof. Munk gütigst gestattet hat.

A. Reizversuche am Recurrens, Laryngeus superior und Vagus.

Zu den Angaben Rosenthal's (Die Athembewegungen, 1862) möchte ich nur einige Nebenumstände, die Rosenthal übergeht, hinzufügen. Auf Reizung des peripheren Endes des Recurrens erfolgt Adduction des gleichseitigen Stimmbandes und zwar derart, dass es sich an das gegenüberliegende, das letztere mag in welcher Stellung immer sich befinden, dicht anlegt. Befindet sich z. B. das gegenüberliegende Stimmband in Inspirationsstellung, so geht das gereizte über die Mittellinie hinaus, um sich an das erstere anzulegen. Der Aryknorpel der nicht gereizten Seite aber macht deutlich mit dem der gereizten Seite eine Bewegung zur Mitte, ohne dass jedoch, wie schon erwähnt, sein Stimmband daran theilnimmt. [M. interaryt. wird von beiden Seiten her und von beiden Kehlkopfnerven in gleicher Weise versorgt (Exner)].

2) Reizung des Laryng. sup. mit Erhaltung seines äusseren Astes ergiebt festen Glottisschluss, gleichzeitig sphinkterartige Verengung des Aditus laryng.

3) Reizung des durchschnittenen Vagus giebt Inspirationsstellung des gegenüberliegenden Stimmbandes, wenn keine Stromschleifen auf den Laryng. sup. übergehen.

B. Versuche, in welchen unter Nachahmung des Vorganges in der Natur auf Recurrens, oder auf Vagus ein peripherer Druck behufs Studiums der dadurch erzeugten Erscheinungen ausgeübt wurde.

Ich übergehe hier Versuche, welche bezweckten die Affection plötzlich und unter den Augen des Beobachters hervorzurufen, und welche ich, da einige in überraschender Weise gelangen, später ausführlich mittheilen werde, und komme gleich zu denjenigen, welche ich als beweisend ansehe. — Zuvor möchte ich nur noch Einiges anführen, was uns die Physiologie über die mechanischen Einwirkungen auf den Nerven lehrt. Man weiss, dass jeder gröbere mechanische Eingriff den Nerven erregt, bei motorischen Nerven Zuckung, bei sensiblen Schmerz hervorruft. Es scheint, dass hier eine gewisse Plötzlichkeit Bedingung der Erregung ist. (Hermann, *Allgemeine Nervenphysiologie*). — Nach Fontana macht eine sehr allmählich gesteigerte Compression die betreffende Nervenstelle zwar für die Erregung undurchgängig, erregt aber nicht. — Jede Durchschneidung, Quetschung, Zerrung, Erschütterung durch Schlag wirkt erregend. Nach Harless, Ranke u. A. wird durch mässigen Druck und mässige Dehnung die

Erregbarkeit vorübergehend gesteigert. Von Anderen wird das letztere bestritten. — Die Inspection des Larynx habe ich auch hier, wie ich dies bereits in meinem Vortrage: *Ueber die Beziehungen der Grosshirnrinde zu Kehlkopf und Rachen* angegeben habe, unter Hervorziehung der Zunge und des Kehldeckels bei einfachem Tageslichte ausgeführt.

Zu meinen Versuchen verwandte ich, nachdem complicirte Apparate sich nicht bewährt hatten, ein dünnes Korkstück und ein Gummiband oder eine in Wasser erweichte Violindarmsaite. Gummiband oder Darmsaite wurden unter den vorsichtig isolirten Recurrens, — gleichgültig an welcher Stelle seines Verlaufes, ich variirte die ganze Strecke vom Manubrium sterni bis hinauf zum Ringknorpel, bevor er in die einzelnen Zweige ausstrahlt, — geschoben, und um diesen wie um den Kork ganz locker, so dass der letztere bequem verschieblich in der Schlinge lag, gebunden. Bald oder einige Stunden nach der Operation zeigen sich einige von der Norm abweichende Erscheinungen. Bei normalen Excursionen des Stimmbandes treten schon jetzt bei intendirter Adduction vibrirende Zuckungen auf, zuweilen bleibt das Stimmband schon etwas länger als vor der Operation in Adductionsstellung, immer aber erfolgen noch die Auswärtsbewegungen regelmässig und kräftig, häufig bis zu weitester Oeffnung der Glottis. Bereits 8—10 Stunden später beginnt das Thier stridulös zu athmen und unruhig zu werden. Dies geht bald vorüber, und 24 Stunden nach der Operation athmet der Hund in der Ruhe oder bei ruhiger Bewegung ohne sehr auffällige Veränderung. Laryngoskopirt man jedoch, so sind die eingetretenen Veränderungen sofort in die Augen springend: die Stimmbänder stehen dauernd fest in Medianstellung. Die letztere ist auffälliger ausser als in der Narkose, in welcher die Stimmbänder mehr auseinander weichen, und ist am ausgesprochensten während der Inspiration. Hierbei macht das enge Zusammentreten der Stimmbänder den Eindruck einer durchaus activen Function derselben, und scheint nicht bloss der Verdünnung der Luftsäule unter der Glottisenge zuzuschreiben zu sein, sondern wird in seiner Verstärkung wahrscheinlich mitbedingt durch die nach der Theorie Hitzig's bei Contracturen der Muskeln auftretenden abnormen Mitbewegungen. Mehrere Male hatte es sich ereignet, dass der Kork aus der Schlinge herausgefallen war. Trotz hochgradiger Entzündungserscheinungen am Nerven und seinen Hüllen trat dann das bemerkenswerthe Factum ein, dass nun die Bewegungsfähigkeit des betreffenden Stimmbandes nach aussen oder innen gar nicht oder doch — nach beiden Seiten gleichmässig — nur in sehr geringem Maasse behindert war. Wurde der Kork wieder eingelegt, so trat die tonische Contraction sehr bald wieder ein.

Von 12 nach dem oben angegebenen Verfahren operirten Hunden zeigten 11 die gewünschte pathologische Erscheinung in völlig einwandfreier Weise. Das Misslingen des einen Versuchs lag an einem technischen Missgeschicke. Das gleiche Experiment wurde nun am Vagus vorgenommen. Wir mussten erwarten, dass wie die erzielte dauernde Adductionsstellung des Stimmbandes dem durch elektrische Reizung des Recurrens hervorgerufenen Effecte entsprach, analog der Reizwirkung am isolirten Vagus eine Inspirationsstellung des Stimmbandes eintreten werde. Auch dieser Versuch gelang. Bei fünf von sechs derartig operirten Thieren zeigte sich das Stimmband der operirten Seite in dauernder ruhiger Inspirationsstellung; der Aryknorpel war

nach aussen rotirt, das Stimmband nirgends schlaff, war scharfrandig, glatt ausgezogen. Um keiner Täuschung zu unterliegen, durchschnitt ich jedesmal, wie den Recurrens in den ersten Versuchen, hier den Vagus nachträglich. Das Stimmband war nun mehr nach der Mitte vorgerückt, schlaff, breitrandig und vorgewölbt.

Das Stimmband der gegenüberliegenden Seite bewegte sich vollkommen frei ein- und auswärts. Eine Einwirkung auf Athmung und Blutcirculation habe ich hierbei mit Sicherheit nicht constatiren können.

An beiden Nerven konnten die beschriebenen Erscheinungen 2 bis 5 Tage andauernd beobachtet werden, nach welcher Zeit totale Lähmung der Stimmbänder eintrat.

Die Gewebsveränderungen am Nerven waren: tiefdunkle Röthung und Schwellung des umgebenden Gewebes, trübes Aussehen des Nerven, in den späteren Tagen gelblichrothe Färbung des Perineuriums, der Nerv grauroth. Histologisch: Blutextravasate und Lymphzellen zwischen den einzelnen Nervenfibrillen, starke Füllung und Erweiterung der Blutgefässe, sehr beträchtliche Kernquellung und Kernwucherung des Neurilemms und beginnender Zerfall des Markes und Axencylinders einzelner Nervenfasern. In den späteren Tagen an der umschnürten Stelle vorgeschrittener Zerfall vieler Nervenfasern, neben wohlerhaltenen solche, welche zu feinkörnigem Detritus zerfallen waren. Ober- und unterhalb dieser Stelle der Zerfall geringer.

Sehr ähnliche Befunde sind die von Riegel und Penzoldt mitgetheilten.

Der von mir künstlich erzeugte Process ist als eine primäre neuropathische Contractur im Sinne Erb's, Eulenburg's, Seligmüller's u. A. anzusehen, d. h. als eine primär entstandene andauernde Verkürzung (tonische Contraction) der Glottisverengerer, hervorgerufen durch einen den Recurrens treffenden peripheren Reiz, wie sie an anderen Nerven beschrieben sind als Folgen von Neuritis, Neuromen, Fremdkörpern, Schussverletzungen und ähnlichen traumatischen Laesionen des Nerven. Bei centralen Laesionen sind diese Contracturen beschrieben als: Contracturen der Hemiplegischen, oder bei Erkrankungen der Medulla und des Rückenmarkes (bei letzteren beiden häufig bilateral), primär entstehend durch Reizzustände der Centralorgane und die absteigende secundäre Degeneration (Charcot, Eulenburg, Erb, Hitzig, Seligmüller). Zu dieser Kategorie gehören der Fall Penzoldt und andere, z. B. bei Bulbärparalyse wurden Fälle von doppelseitigen Contracturen beobachtet. (Bei einseitiger Contractur wäre die Möglichkeit der isolirten Lähmung der Erweitererfasern nicht absolut auszuschliessen.) Als Beweise für meine obige Auffassung kann ich nach dem Gesagten anführen: 1) die ununterbrochen bis zu 5 Tagen betragende Dauer des Zustandes, 2) den sehr charakteristischen pathologisch-anatomischen Befund, 3) die Identität der Processe am Recurrens und am Vagus, 4) die Identität der erzielten Wirkung unseres Reizes mit der des elektrischen Reizes, bei welchem, wie Rosenthal (Athembewegungen S. 212) bemerkt, der Glottisverschluss nur die Folge des Uebergewichts der Verengerer über die Erweiterer ist, und 5) einen regelmässigen Befund in der Todtenstarre des Muskeln: nämlich das feste Geschlossensein der Glottis in ihrer ganzen Länge.

Wir haben also gesehen, das der gewünschte Reizeffect an den frischen, in seiner Ernährung noch nicht wesentlich veränderten Nerven nicht oder nur

erst momentan, vorübergehend auftritt. Ist der Nerv aber erst entzündlich oder regressiv verändert, so bedarf es eines nur mässigen Druckes, um die Contractur hervorzurufen. Die Neuritis allein aber genügt, wie wir uns bei dem Herausfallen des comprimirenden Korks überzeugt haben, hierzu nicht. Entsprechend der obigen Wahrnehmung habe ich beobachtet, dass der entzündlich veränderte Nerv auf ungleich schwächere elektrische Reize reagirt als der frische, sofort nach seiner Herauspräparirung gereizte Nerv. Die Grenze dieser Reize liegt für den ersteren bei einem Rollenabstande von 360^{mm}, für den letzteren bei 180^{mm}. Der Vorgang, wie wir ihn uns auch beim Menschen vorzustellen haben, ist also der: Ein mässiger Druck setzt entzündliche und regressive Veränderungen im Nerven. Dadurch steigt die Erregbarkeit des letzteren. Derselbe Druck, welcher am normalen Nerven keinen Effect hervorrief, wird jetzt schon im Stande sein, eine Erregung des Nerven zu erzeugen, welche mit der in Folge des andauernden Druckes zunehmenden Erregbarkeit desselben steigt. In diesem Stadium bleibt die tonische Contraction der Muskeln stationär. Dieser Zustand hat seine Grenze. Er geht entweder in Lähmung über, oder es entwickeln sich secundäre Veränderungen (Degeneration, Atrophie) der Muskeln, der antagonisischen oder der gereizten, welche die erworbene pathologische Stellung fixiren.

Die directen Laesionen der Mm. postici oder der sie versorgenden Nervenästchen durch Oesophaguscarcinome u. s. w. werden durch die Ergebnisse dieser Versuche nicht berührt.

Eine ausführliche Mittheilung wird in Virchow's Archiv erscheinen.

XIX. Sitzung am 1. August 1884.[1]

Hr. A. AUERBACH hält den angekündigten Vortrag: „Ueber die Säurewirkung der Fleischnahrung.“

Die Frage der Säurewirkung bezw. der Alkalientziehung, für den Pflanzenfresser besonders durch E. Salkowski's und Walter's, für den Fleischfresser durch Walter's Arbeiten erforscht, ist nicht bloss für das theoretische Verständniss des Lebensprocesses von hervorragender Bedeutung, sie kann vielmehr auch ein praktisches Interesse in Anspruch nehmen. Denn theils führen wir mit unserer Nahrung direct Säuren ein, theils bilden sie sich aus derselben im Organismus. Dass die Fleischnahrung im Allgemeinen zu solcher im Körper eine Säurewirkung ausübender Nahrung gehört, ist sicher (Coranda). Es ist aber von Wichtigkeit zu erfahren, welchen Bestandtheilen des Fleisches diese Säurewirkung zukommt. Von den hierbei in Betracht kommenden Componenten (Schwefelsäure, Harnsäure, Hippursäure u. s. w., Fleischsalze) ist die Wirkung

[1] Ausgegeben am 8. August 1884.

des einen, der aus dem Schwefel des Eiweisses herstammenden Schwefelsäure, bekannt: sie wird dem Körper des Fleischfressers und des Menschen unzweifelhaft Ammoniak entziehen. Ob aber auch die, hauptsächlich aus phosphorsauren Alkalien bestehenden, Salze des Fleisches wie eine Säure wirken, ist bislang nicht festgestellt. Der fast allgemein gültigen, zuerst durch Liebig nachdrücklich vertretenen Ansicht, dass die Salze des Fleisches sehr viel überschüssige, nicht gebundene Phosphorsäure enthalten (und daher dann auch sicherlich eine Säurewirkung ausüben), ist E. Salkowski entgegengetreten, welcher hervorgehoben hat, dass die Salze des Fleisches fast keine überschüssige Säure enthalten und dass die Asche des bluthaltigen Fleisches nicht sauer, sondern neutral oder selbst alkalisch reagirt. Seiner Meinung nach üben daher die Salze des Fleisches keine Säurewirkung aus, können vielmehr noch unter Bildung saurer phosphorsaurer Salze zur Bindung der aus dem Schwefel des Eiweisses herstammenden Schwefelsäure, der Harnsäure, Hippursäure u. s. w. beitragen, diese Säuren in ihrer Wirkung gleichsam compensiren (wie dies die vielen Alkalien der Pflanzennahrung thun). Dabei war jedoch stillschweigend vorausgesetzt, dass die aus den Fleischsalzen neu entstehenden sauren phosphorsauren Salze nicht selbst wie eine Säure wirken. Theoretisch wie praktisch war es demnach von Bedeutung, dies experimentell zu prüfen und der Vortragende hat dies im Laboratorium des Hrn. Prof. Salkowski gethan.

Die erste Versuchsreihe wurde im Jahre 1879 an einer in Körper- und relatives Stickstoffgleichgewicht versetzten Hündin von 31 ^{kgm} Körpergewicht angestellt. Im Harn wurde täglich der Gesammtstickstoff (nach Schneider-Seegen) und die Ammoniak-Ausscheidung (nach Schmiedeberg) bestimmt. Die N-Ausscheidung blieb während der Vorperiode, Salzfütterungs- und Nachperiode nahezu constant; nicht so die NH_3-Ausscheidung. Diese betrug in der 4 tägigen Vorperiode, während deren das Thier sein normales Futter erhielt, durchschnittlich 0.863 ^{grm} täglich. Als darauf dem Thiere an 5 aufeinander folgenden Tagen (an den ersten 3 Tagen je 6 ^{grm}, an den beiden letzten je 8 ^{grm}) saures phosphorsaures Kali (KH_2PO_4) mit der übrigen Nahrung gereicht wurde, stieg die NH_3-Ausscheidung gleich in der der ersten Salzfütterung folgenden 24 stündigen Harnperiode auf 1.02 ^{grm} und betrug im Durchschnitt während der 5 Tage 1.2918 ^{grm} täglich, also 50 $^0/_0$ mehr als in der normalen Vorperiode. In der 3 Tage lang beobachteten (normalen) Nachperiode schied das Thier im Mittel täglich 1.546 ^{grm} NH_3 aus. Aus diesen Versuchen geht hervor, dass beim Hunde nach Fütterung mit KH^2PO_4 die NH_3-Ausscheidung erheblich zunimmt und dass diese Zunahme auch noch andauert, nachdem die Salzfütterung, welche sie hervorgerufen hat, längst beendigt ist.

Man darf annehmen, dass die Ammoniak-Entziehung durch das KH_2PO_4 stattfindet unter Bildung eines Salzes von der Zusammensetzung KNH_4HPO_4, d. h. desjenigen, dem gefütterten nahestehenden Salzes der Phosphorsäure, durch welches dem Organismus dasjenige Minimum von NH_3 entzogen wird, das zur Sättigung der Säure im KH_2PO_4 eben ausreicht.

Quantitativ lässt sich zeigen, dass das KH_2PO_4 dem Organismus des Hundes eine aequivalente Menge NH_3 entzieht. 1 Mol. KH_2PO_4 (136.1) erfordert 1 Mol. NH_3 (17) zur Sättigung. Da in der (ersten) Versuchsreihe 34 ^{grm} KH_2PO_4 verfüttert worden sind, so verhält sich

$$136.1 : 17 = 34 : x.$$
$$x = 4.24.$$

4.24 grm NH_3 müssten demnach mehr als in der Norm ausgeschieden werden, wenn die NH_3-Entziehung durch das KH_2PO_4 auch quantitativ volle Geltung haben soll. Thatsächlich wurden nun nach der Salzfütterung 4.193 grm mehr als normal ausgeschieden, also fast genau so viel wie die Rechnung erforderte.

In einer zweiten (1882 ausgeführten) Versuchsreihe schied das Thier, eine Hündin, in der Vorperiode durchschnittlich 0.8075 grm NH_3 täglich aus. Es wurden dem Thier nunmehr täglich je 8 grm KH_2PO_4 mit seinem Futter gereicht; es vertrug das Salz sehr schlecht, bekam Diarrhoen, konnte Faeces und Harn bald nicht mehr halten, so dass der Versuch nach 3 Tagen Fütterung und 1 Tag Nachperiode abgebrochen werden musste. Während der 3 den Salzfütterungen folgenden 24stündigen Harnperioden schied der Hund 1.065 grm NH_3 im Mittel täglich aus, also 31.88 % mehr, und an dem einen Tage der Nachperiode sogar 78.1 % mehr als in der Norm.

Alle hier mitgetheilten Versuche ergeben somit unzweideutig, dass durch Fütterung mit sauren phosphorsauren Salzen ebenso wie durch Mineralsäuren dem Organismus des Fleischfressers Ammoniak in erheblicher Menge entzogen wird. Die Salze des Fleisches tragen demnach nichts dazu bei, die aus dem Fleisch bezw. Eiweiss anderweitig entstehenden Säuren zu neutralisiren, üben sonach nicht eine Compensation der Säurewirkung aus, welche der aus dem Schwefel des Eiweisses entstehenden Schwefelsäure, der Harnsäure, Hippursäure u. s. w. zukommt, wie dies in der Pflanzennahrung mit ihrer fast durchgängig alkalischeren Asche der Fall ist.

Die näheren Details dieser Untersuchung werden demnächst in Virchow's *Archiv* veröffentlicht werden.

(Nachträglich zur Sitzung vom 1. August.)[1]

1. Hr. H. KRONECKER berichtete über Versuche, welche Hr. Dr. Jastreboff aus St. Petersburg auf seinen Vorschlag und unter seiner Leitung „Ueber fortschreitende Bewegungen der Kaninchen-Vagina“ angestellt hat.

Im Wesentlichen bediente sich Hr. Jastreboff zu dieser Untersuchung der Methoden, welche er in seiner Arbeit „Ueber die Contraction der Vagina bei Kaninchen“ (s. oben S. 97) beschrieben hat, doch brachte er wie Hr. v. Swiecizki zwei Ballons in die Vagina. Ein mit Wasser gefüllter Ballon war vom Uterus her in den Gewölbetheil der Scheide eingeführt, der andere in den Eingangstheil der Vagina. Mit den zwei Ballons standen zwei Luftschreibkapseln in Verbindungen, welche die Bewegungen der obersten und der untersten Vaginalpartie auf das Cylinderkymographion registrirten. Es ergab sich Folgendes:

1. In der Wand der Vagina sind automatisch wirksame nervöse Centren vertheilt, welche rhythmische Contractionen einzelner Abschnitte veranlassen.

2. Eine directe elektrische Tetanisirung der Vagina, resp. ihrer automatischen Centren giebt peristaltische Contractionen, d. h. Contractionen in der

[1] Ausgegeben am 1. November 1884.

Richtung von den Gewölben zum Eingang, oder bei dem durchgeschnittenen Organe manchmal Contractionen des oberen Abschnittes allein.

3. Die schwache Reizung der centralen Enden der am Oberschenkel durchtrennten Nn. ischiadici ruft antiperistaltische Contractionen hervor und die starke Reizung derselben gleichzeitige Contraction beider Abschnitte der Vagina.

4. Die Tetanisirung des verlängerten Marks bei unversehrtem Rückenmarke nach der Durchschneidung in der Gegend des ersten bis dritten Lendenwirbels giebt Contractionen der Vagina antiperistaltischer Natur, oder manchmal, bei durchschnittenem Organe, Contractionen des unteren Abschnittes allein.

5. Die Reizung der Medulla oblongata nach Durchschneidung des Rückenmarks hat keine Contractionen zur Folge.

6. Starke Asphyxie des Thieres hat antiperistaltische Contractionen zur Folge.

7. Hochgradige Anaemie bewirkt eine Verstärkung der peristaltischen Contractionen der Vagina.

2. Hr. H. KRONECKER theilte in Kürze die Resultate von Versuchen mit, welche Hr. Dr. Jastreboff nach eigenem Plane in der speciell physiologischen Abtheilung des hiesigen physiologischen Instituts „Ueber den Einfluss operativer Eingriffe in der Bauchhöhle auf den Blutdruck“ angestellt hat.

Hr. Jastreboff hat zum Drucke in den Verhandlungen folgendes Manuscript eingereicht:

„Obwohl die Wirkung von Reizungen sensibler Nerven auf den Blutdruck schon oft untersucht worden ist, so scheint es mir von Interesse, die Intensität der circulatorischen Wirkungen, welche die verschiedenen bei der Laparotomie nothwendigen Eingriffe ausüben, vergleichend zu untersuchen.

Die Versuche wurden an Kaninchen und Hunden gemacht. Da die Versuche an den letzteren von den an Kaninchen angestellten nicht wesentlich verschiedene Resultate ergaben, so werde ich im Folgenden nur über diese sprechen.

Ich habe die Veränderungen des Blutdruckes in der Carotis beobachtet unter der Einwirkung verschiedener Momente der Laparotomie bei curarisirten Thieren, sodann bei solchen, die in tiefer Morphium- oder Chloroformnarkose lagen.

Hierbei zeigte sich, dass kein Moment der Operation ohne jede Einwirkung auf den Blutdruck ist.

Bei dem Hautschnitt längs der Linea alba, der niemals weniger als 10^{cm} Länge hatte, stieg der Blutdruck entweder sofort nach dem Anfang oder nach dem Ende des Schnittes.

Bei curarisirten Thieren stieg er im Mittel von 93^{mm} auf 120^{mm}, bei mit Morphium narkotisirten Thieren stieg er von 99^{mm} auf 124^{mm}, und endlich von 91^{mm} auf 114^{mm} bei chloroformirten. Nachdem der Blutdruck bis zu den angeführten Höhen gestiegen war, schwankte er eine gewisse Zahl von Secunden auf und nieder und verblieb dann auf der früher gewesenen Höhe. Die Dauer der Zeit, während welcher der Blutdruck schwankte, betrug im Durchschnitt bei Curare 38″, bei Morphium muriaticum 27″ und bei Chloroform 44″.

Die Durchschneidung der Sehnen, welche häufig nicht genau längs der Linea alba erfolgte, sondern bis zum Bauchfell die Muskeln durchdrang, führte gleichfalls zu einer Steigerung des Blutdruckes von 98 auf 103^{mm}, mit Schwankungen in der Dauer von 17″ bei Curare, — von 106 auf 122^{mm} mit Schwankungen während 25″ bei Morphium muriaticum — und von 95 auf 112^{mm} mit Schwankungen während 27″ bei Chloroform.

Ferner gab die Durchschneidung des Bauchfells ebenfalls eine Steigerung des Blutdruckes von 95 auf 99^{mm} mit Schwankungen während 18″ bei Curare, — von 107 auf 125^{mm} mit Schwankungen während 60″ bei Morphium muriaticum — und endlich von 85 auf 102^{mm} mit Schwankungen von 23″ bei Chloroform.

Sofort nach der Durchschneidung des Bauchfells, als ein Theil der Darmoberfläche freigelegt war, stieg in Folge der mit dem Zutritt der Zimmerluft verbundenen Abkühlung der Blutdruck. Diese Steigerung wurde immer bemerkt, wenn wir eine gewisse Zeit lang die Wunde der Bauchwand geschlossen hielten und dann wieder öffneten. In diesem Falle stieg der Blutdruck bei Curare von 83^{mm} auf 117^{mm} mit Schwankung von 32″, — bei Chloroform von 94^{mm} auf 111^{mm}, Schwankung 29″. Wenn wir die Laparotomie unter dem Lister'schen Spray bewerkstelligten, in der Weise, dass ein breiter Strahl von Wasserdämpfen über die Bauchwunde hinwegging, so wurde bei jeder Oeffnung der Wunde und Entblössung der Eingeweide eine noch stärkere Schwankung des Blutdruckes beobachtet: nämlich bei Chloroform stieg er von 65^{mm} auf 157^{mm} und dann nach Schliessung der Wunde schwankte er während 90″.

Ferner führte die behufs Hervorziehung der Ovarien oder des Uterus erfolgte Berührung und Zurückschiebung des Darmes zu einer Erhöhung des Blutdruckes von 74^{mm} auf 96^{mm} (Schwankung 26″) bei Curare, — von 91^{mm} auf 106^{mm} (Schwankung 55″) bei Morph. muriat. — und von 88^{mm} auf 108^{mm} (Schwankung 18″) bei Chloroform.

Die Einführung eines mit Wasser getränkten Schwammes, dessen Temperatur die des Thieres um 2^{0} bis 3^{0} übertraf, zeigte sich nicht ganz ohne Einfluss; nämlich bei chloroformirten Thieren rief sie eine Steigerung des Blutdruckes von 77^{mm} auf 113^{mm} hervor und es entstand nach Schliessung der Bauchwunde eine Schwankung während 30″.

Wenn wir den Schwamm statt in Wasser in 2 proc. Lösung von Carbolsäure bei der oben genannten Temperatur eintauchten, so bekamen wir eine weniger ausgesprochene Wirkung, nämlich eine Steigerung von 63^{mm} auf 69^{mm} mit einer Schwankung von 20″ bei Chloroform, — von 78^{mm} auf 98^{mm} und Schwankung von 25″ bei Morphium und endlich von 88^{mm} auf 92^{mm} mit einer Schwankung von 27″ bei Curare.

Die Einführung des in Wasser oder in 2 proc. Lösung von Carbolsäure getauchten Schwammes, dessen Temperatur entweder niedriger als die des Thieres oder um mehr als 3^{0} höher war, gab stärkere Schwankungen des Druckes. Die Entfernung des Schwammes, der in eine Flüssigkeit von der oben gesagten Temperatur getaucht war, rief bedeutende Schwankungen hervor: nämlich, wenn der Schwamm in einfaches Wasser getaucht war, so erfolgten sie sofort nach der Entfernung aus der Bauchhöhle, die aber dabei geöffnet blieb, und zwar stieg der Blutdruck bei Chloroform von 76^{mm} auf 200^{mm} — Schwankung 40″ —. Nach der Entfernung eines Schwammes aber, der in eine 2 proc. Lösung von Carbolsäure getaucht war, stieg der Blutdruck bei Chloroform von 90^{mm} auf 100^{mm} — Schwankung 10″ — bei Morph. muriat. von 91^{mm} auf

100^{mm} — Schwankung 20″ — und endlich bei Curare von 88^{mm} auf 108^{mm} — Schwankung 30″.

Die Reinigung des Bauchfelles mit einem Schwamm, der in eine 2 proc. Lösung von Carbolsäure getaucht war, gab bei mit Morphium narkotisirten Thieren eine Steigerung von 78^{mm} auf 110^{mm}, wobei die Schwankungen des Blutdruckes noch 20″ länger anhielt.

Die mechanische Reizung der Ovarien und des Uterus, die mit der Umgreifung des Organs zum Anlegen einer Ligatur verbunden ist, ruft im ersten Falle eine Erhöhung des Blutdruckes von 32^{mm} auf 46^{mm} mit Schwankungen während 28″ bei Curare hervor, — von 96^{mm} auf 117^{mm} mit Schwankungen während 25″ bei Morph. muriat — und endlich von 98^{mm} auf 119^{mm} mit Schwankungen während 32″ bei Chloroform; im zweiten Falle eine Erhöhung von 76^{mm} auf 98^{mm} (Schwankung 40″) bei Curare, — von 78^{mm} auf 103^{mm} (Schwankung 30″) bei Morphium — und endlich von 98^{mm} auf 108^{mm} (Schwankung 35″) bei Chloroform.

Die Einsteckung von Nadeln in das Collum uteri und in die Bänder der Ovarien, um Ligaturen durchzuführen, gab eine Erhöhung des Druckes: im ersten Falle von 94^{mm} auf 108^{mm} (Schwankung 15″) bei Chloroform, — von 85^{mm} auf 91^{mm} (Schwankung 35″) bei Morph. muriaticum — und endlich von 66^{mm} auf 96^{mm} (Schwankung 30″) bei Curare; — im zweiten Falle eine Erhöhung von 92^{mm} auf 111^{mm} (Schwankung 30″) bei Chloroform, — von 102^{mm} auf 120^{mm} (Schwankung 28″) bei Morph. muriaticum.

Die Zusammenziehung der Ligatur am Collum uteri rief eine Erhöhung hervor: bei Curare von 54^{mm} auf 63^{mm} (Schwankung 57″) bei Morph. muriat. — von 80^{mm} auf 98^{mm} (Schwankung 30″) – und bei Chloroform von 98^{mm} auf 120^{mm} (Schwankung 23″) —. Die Zusammenziehung der Ligaturen des Ligamentum latum erhöhte den Druck bei Curare von 46^{mm} auf 54^{mm} (Schwankung 46″) bei Morph. muriaticum —, von 78^{mm} auf 96^{mm} (Schwankung 25″) bei Chloroform —, von 68^{mm} auf 104^{mm} (Schwankung 33″). — Die Zusammenziehung der Ligaturen der Eierstocksbänder bewirkte eine Erhöhung des Blutdruckes. bei Curare von 55^{mm} auf 59^{mm} (Schwankung 30″) bei Morph. muriaticum —, von 82^{mm} auf 94^{mm} (Schwankung 80″) — und endlich bei Chloroform von 65^{mm} auf 78^{mm} (Schwankung 32″).

Die Ausschneidung des Uterus und der Ovarien mit einem Messer rief in Folge des Umstandes, dass hierbei Theile unter der Ligatur zusammengezogen wurden, ebenfalls eine Erhöhung des Blutdruckes hervor: im ersten Falle bei Curare von 38^{mm} auf 52^{mm} (Schwankung 16″) —, bei Morph. muriaticum von 78^{mm} auf 84^{mm} (Schwankung 10″) — bei Chloroform von 98^{mm} auf 108^{mm} (Schwankung 12″) —; im zweiten Falle eine Erhöhung bei Curare von 73^{mm} auf 76^{mm} (Schwankung 10″) —, bei Morph. muriaticum von 84^{mm} auf 86^{mm} (Schwankung 15″) —, bei Chloroform von 101^{mm} auf 104^{mm} (Schwankung 8″).

Die Abtrennung der Ovarien und des Uterus durch ein glühendes Eisen, wobei die umgebenden Theile durch feuchte Compressen schlecht geschützt waren, gab wiederum eine Steigerung des Blutdruckes, im ersten Falle bei Chloroform von 95^{mm} auf 154^{mm} (Schwankung 110″) —; im zweiten Falle ebenfalls bei Chloroform von 97^{mm} auf 127^{mm} (Schwankung 120)″.

Bei sorgfältigem Schutz der umgebenden Theile durch feuchte Compressen giebt sich indessen in Folge der Abtrennung des Uterus und der Ovarien eine

geringere Erhöhung kund, da in diesem Falle zu berücksichtigen ist die Reizung des Bauchfelles durch Compressen und Zusammenziehung der Theile unter der Ligatur.

So sehen wir auf Grund des oben Angeführten, dass keiner der bei der Laparotomie im Allgemeinen und Hysterotomie und Ovariotomie im Speciellen sich geltend machenden Momente das Leben gefährdende Veränderungen des Blutdruckes bedingt, obgleich ein jeder bedeutende Schwankungen des Blutdruckes hervorruft.

Zum Schluss nehme ich Gelegenheit, Hrn. Prof. Dr. Kronecker für den Rath und die Anleitung, die er mir immer während meiner Arbeit hat zu Theil werden lassen, meinen herzlichsten Dank auszusprechen."

3. Hr. Prof. H. Kronecker theilte die Resultate von Versuchen mit, welche Hr. Dr. Ratimoff aus St. Petersburg auf seinen Vorschlag über die Wirkung des Chloroforms auf Herz und Athmungsorgane ausgeführt hat.

Die Herzsynkope während der Chloroformnarkose, welche trotz aller Vorsicht so viele Opfer fordert, hat Kliniker und Physiologen veranlasst, Mittel aufzusuchen, um die Gefahr beim Gebrauche des unentbehrlichen Mittels zu vermeiden.

Von Clover, Snow, Sibson, Gansom, Colemann, Junker, Teuffel u. A. sind Chloroforminhalationsapparate angegeben worden, welche durch Mischung der Chloroformdämpfe mit Luft die Gefahr der Narkose abwenden sollten. Ausser dem Clover'schen Sacke, der nur einen beschränkten Vorrath eines während der Narkose nicht veränderlichen Gemenges enthält, sind die von den erwähnten Chirurgen angegebenen Apparate, wie es scheint, nicht geeignet, die Quantitäten der eingeblasenen Luft und des beigemischten Chloroforms genau zu bestimmen.

Nachdem der Vortragende das Wassergebläse zur künstlichen Athmung eingerichtet hatte, verband er mit diesem Apparate, welcher rhythmische Athmung beliebiger Frequenz unter constantem Drucke, also Einblasung messbarer Luftmengen gestattete, eine Vorrichtung zur controlirbaren Anaesthesirung. Hr. Dr. Jastreboff hat diese Anordnung verbessert und in seiner Arbeit mit folgenden Worten beschrieben:

„Der Apparat — um die Narkose mit Chloroform oder Aether genau abstufen zu können — besteht im Wesentlichen aus einer doppelhalsigen Waschflasche, die bis zur Hälfte mit Chloroform gefüllt ist. Ein System aus gegabelten und mit Hähnen versehenen Glasröhrchen ermöglichte, ein in beliebigem Verhältnisse gemischtes Gemenge von reiner Luft und von solcher, die mit Chloroformdämpfen gesättigt war, dem Thiere zuzuführen."[1]

Hr. Jastreboff hat sodann zu diesem Zwecke ein Gabelrohr mit weiten Hähnen anfertigen lassen, deren Stellungen an einem getheilten Kreisbogen abgelesen werden konnten. — Diesen Apparat benutzte Hr. Ratimoff zu seinen ersten Versuchen mit gutem Erfolge. Um aber die Verhältnisse, in denen Chloroformdampf und Luft dem Thiere zugeführt wird, genau bestimmen zu können, wandte er anstatt der Drehhähne Schieberverschlüsse an, welche in der mechanischen Werkstatt des Hrn. Dr. Müncke gut schliessend gefertigt worden sind. Jede der beiden Röhren hat in ihrer Wand einen 20^{mm} langen, 1^{mm} breiten Schlitz und einen geschlossenen Boden. In dem etwa 1^{cm} weiten Rohr

[1] *Dies Archiv.* 1884. S. 115.

ist ein zweites, den Schlitz luftdicht schliessend, verschiebbar. Dieses innerste Rohr nimmt die Luft auf. Ein drittes weiteres Rohr umhüllt das (mittlere) Schlitzrohr, so dass ein hohler Mantel bleibt, welcher die durch den Schlitz getriebene Luft aufnimmt und durch das weite (äussere) Rohr dem Thiere zuführt. Eine auf dem innersten Rohr angebrachte Millimetertheilung lässt erkennen, in welcher Länge dasselbe den Schlitz zudeckt. Diese beiden Röhrensysteme waren zwischen zwei gläserne Gabelröhren vermittelst Kautschukschläuchen geschaltet. Der unpaare Schenkel des einen Gabelrohrs stand mit dem Respirationsapparate in Verbindung. Aus dem einen Schlitzrohre strömte die Respirationsluft durch einen Kautschukschlauch direct in die eine Röhrenzinke des trachealen Gabelrohres; aus dem anderen Schlitzrohre wurde sie durch einen verstöpselten Maasscylinder geleitet, welcher Chloroform enthielt. So konnte man die Anzahl von Cubikcentimetern Chloroform ablesen, welche die durchgeleitete Luft mitgerissen hatte. Das zuführende Luftrohr muss immer dicht über dem Chloroformniveau gehalten werden. Wenn es eintaucht, so setzt die Flüssigkeit Widerstände, welche das Verhältniss zwischen freier Luft und Chloroformluft in den Respirationswegen zum Nachtheile der Chloroformdämpfe ändert; strömt die Luft hoch über dem Chloroform durch den Maasscylinder, so wird sie nicht vollkommen mit den Dämpfen gesättigt. Die Ausathmung geschah in den Pausen zwischen den Einblasungen meist durch ein Schlauchventil.

I.

Bestimmung der Zeit, während welcher das 6600 ^{cm} fassende Spirometer vom Respirationsapparate durch jedes der zwei gleichen Schlitzrohre bei verschiedener Stellung der schliessenden Schieber mit Luft gefüllt wird:

Länge der Schlitzöffnung in Millim.:	20	15	10	5	3	1
Zur Füllung des Spir. erforderl. Zeit:	2′15″	2′20″	3′25″	5′25″	6′5′	9′15″
Während einer Min. durch die Schieber strömende Luftmenge in Cubikcm.:	2933	2828	1932	1218	1′080	713

II.

Bestimmung des Verhältnisses, in welchem reine Luft und mit Chloroformdampf gesättigte durch die beiden Schlitzrohre strömt:

Schlitzöffnung der Chloroformleitung in Mm.	Schlitzöffnung der Luftleitung in Mm.	Während 1 Min. ausgeströmte Mischluft in Cm.	Während 1 Min. verdampftes Chloroform Ccm.	Mit je 100 Liter Luft ausgetrieb. Chlorof.-Menge.
20	0	1800	0·38	20·8
10	0	984	0·19	20·2
5	0	786	0·15	20·0
20	3	1740	0·25	17·2
20	5	1810	0·25	16·6
20	10	1981	0·25	13·0
10	10	2142	0·21	10·0
20	20	2800	0·25	8·9
10	20	2262	0·17	7·5
5	20	2028	0·15	7·5
2	20	2000	0·10	5·0

Hr. Ratimoff hat die Quantität verdampften Chloroformes gemessen, welche von einer bestimmten Luftmenge bei verschiedener Geschwindigkeit des Luftstromes mitgenommen wurde. Er liess zu diesem Zwecke vom Respirationsapparate durch das Röhrensystem die Luft anstatt in die Lunge des Thieres in ein Spirometer strömen und bestimmte die in obigen zwei Tabellen zusammengestellten Werthe.

Die Herzpulse werden, wie in den Versuchen von Hrn. v. Openchowski, durch Vermittelung einer in's Herz gestochenen Nadel auf eine Marey'sche Aufnahme-Luftkapsel übertragen, die mit einer entsprechenden Schreibkapsel am Kymographioncylinder durch einen Kautschukschlauch verbunden war. In analoger Weise bewegte ein Zwerchfellhebel ein zweites Luftkapselpaar.

So wurden Pulse und Respirationen registrirt, während der Kymographioncylinder mit bekannter Geschwindigkeit rotirte.

Mit Hülfe dieser Methode kam Hr. Ratimoff zu folgenden Versuchsergebnissen:

Mit Chloroformdampf gesättigte Luft (20 bis 30 Ccm auf 100 Liter Luft) eingeathmet, tödtet das Herz von Kaninchen spätestens nach einer Stunde.

Chloroformdämpfe, welche mit Luft verdünnt sind (7 bis 10 Ccm auf 100 Liter Luft), sind nicht unmittelbar tödtlich, aber werden nicht auf längere Dauer (mehr als zwei Stunden) vertragen. Mit verdünntem Chloroformdampf (5 bis 6 Ccm auf 100 Liter Luft) kann das Thier viele Stunden lang (6 Stunden lang versucht) völlig narkotisirt gleichmässig leben. Natürlich muss man das aufgebundene Kaninchen erwärmen, um die deletäre Abkühlung zu verhüten. Luft, in welcher weniger als 5 Ccm Chloroform auf 100 Liter Luft enthalten sind, veranlasst keine vollkommene Narkose oder solche nur für einige Minuten.

Der Herztod erfolgt bei Einathmung concentrirten Chloroformdampfes derart, dass das Herz flimmert. Von diesem Flimmern kann es nicht mehr gerettet werden, während H. Kronecker und Schmey das Coordinationscentrum des Kaninchenherzens nach Verletzung durch Stich oder nach Lähmung durch Ligatur der Coronararterie (Bezold, Samuel, Cohnheim, und von Schulthess-Rechberg) abweichend von dem unrettbar sterbenden des Hundeherzens wieder sich erholen sahen. Manchmal tritt dies Flimmern erst nach Kneten ein, während das Herz zuvor in vollkommener Diastole ruhte. Dies ist analog dem Vorgange bei asphyktisch-absterbenden Hundeherzen, bei denen die zuvor gelähmten Muskeln wieder belebt werden konnten, während das Coordinationscentrum nie wieder fungirt.

Wenn das Herz durch kurze Einwirkung concentrirter Dämpfe oder lange Einwirkung verdünnter schwach geworden ist, so kann es durch Athmung reiner Luft wieder hergestellt werden, aber es bleibt leicht afficirbar, so dass danach kürzere Narkose es zu tödten vermag und zwar stirbt es dann nicht selten ohne die Erscheinung des Flimmerns ab, indem die Schläge seltener und kleiner werden, endlich aufhören.

Wenn man die Temperatur des Thieres auf normaler Höhe hält, so verliert eine Anfangs vollkommen narkotisirende Dampfmischung (5 bis 6 Ccm auf 100 Liter Luft) nach einiger Zeit (zwei Stunden) schon ihre Wirksamkeit und man muss die Concentration erhöhen (6 bis 7 Ccm), um die Narkose vollkommen zu unterhalten. Aber die concentrirte Lösung behält ihre deletäre Wirkung. Das abgekühlte Thier kann mit der anfangs ausreichenden Dampfdichte lange narkotisirt bleiben.

Respiration.

Das Athmungscentrum wird durch concentrirten Chloroformdampf ebenfalls gänzlich gelähmt und zwar vor dem Herzen. Vor der vollkommenen Lähmung ist ein Stadium zu beobachten, in welchem das Diaphragma gelähmt ist, aber die Thoraxmusculatur noch ganz normal fungirt. Bei vollkommener Chloroformnarkose mit mässigen Dampfdichten bleibt die Athmung noch völlig abdominal, während nach Mosso's Erfahrung sie bei tiefem Schlafe oder im Chloralschlafe beim Menschen gänzlich thoracal wird.

4. Hr. Dr. C. HEIMANN theilte a. G. die Ergebnisse von Versuchen „Ueber die Wirkung des Drucks auf die Grosshirnrinde“ mit.

In dem Wunsche, die Ursachen der Schwindelerscheinungen unter einfachsten Bedingungen zu studiren, habe ich mit Erlaubniss und Rath von Hrn. Professor H. Kronecker in der speciell physiologischen Abtheilung des physiologischen Instituts die Störungen, welche bei Thieren infolge der Drehung auftreten, untersucht.

Bei diesen Versuchen fiel mir ein bemerkenswerthes Symptom auf, das, soviel ich weiss, nirgends besonders hervorgehoben ist.

Ich schicke voraus, dass ich, um dieses Symptom zu erhalten, die Thiere der Länge nach in die Peripherie einer kreisförmigen Scheibe mit hohem Rande, nahe demselben, in Bauchlage aufband und zwar die Beine nach vorn und hinten gestreckt, den Kopf mit dem Unterkiefer auf der Scheibe lagernd, so dass eine Schädelhälfte peripher die andere central lag. Die Scheibe, welche 550 Mm. Durchmesser hat, wird 2—300 Mal in 1 Minute, jedesmal 3 bis 4 Minuten lang durch einen Gasmotor gleichmässig rotirt und diese Rotation in Pausen von 1 Minute 3—4 mal wiederholt.

Die Versuchsthiere waren Hunde und Frösche. Kaninchen und Meerschweinchen benutzte ich nur, um die Veränderungen des Kreislaufes während des Drehens zu untersuchen.

Wenn ein Thier auf die oben beschriebene Weise behandelt wurde, so zeigte es, nachdem die schwersten Schwindelerscheinungen: Speichelfluss, Nystagmus u. s. w. geschwunden waren, eine Lähmung einer oder beider Extremitäten derjenigen Seite, die dem Mittelpunkt des Kreises, in dem es gedreht worden, zugewendet war. Die Lähmung charakterisirte sich im ersten Stadium dadurch, dass das Thier, wenn es aufgehoben wurde, die betreffenden Extremitäten schlaff herunterhängen liess; auf den Boden gesetzt, auf die gelähmte Seite fiel, indem es nicht die Kraft zu haben schien, sich mit diesen Extremitäten aufrecht zu erhalten; im weiteren Verlauf bewegte es sich mit den nicht gelähmten Extremitäten fort. Im zweiten Stadium versuchte das Thier, auch die gelähmten Extremitäten zum Stehen zu gebrauchen, fiel aber dabei zuerst gewöhnlich auf dieselben. Bald wurden auch diese Extremitäten zum Gehen benutzt, doch war der Gang mit denselben zuerst unsicher; das Thier fiel noch ab und zu auf dieselben, schien den Fussboden zu suchen, nicht recht fest aufzutreten, lief manches Mal wie ein Pferd in der Gangart des sog. spanischen Tritts, erinnerte ab und zu an den Gang eines Tabikers und zeigte schliesslich noch längere Zeit eine gewisse Ungeschicklichkeit beim Gebrauch dieser Extremitäten. — Die Intensität der Lähmungen wie die Dauer der einzelnen Stadien und auch die der ganzen Erscheinungen waren bei verschiedenen Thieren sehr verschieden (und variirte von Minuten bis Stunden). Bei einem und demselben Thiere schienen sie abhängig zu sein so-

wohl von der Zeitdauer der Einzeldrehung und der Zahl der Wiederholungen derselben, als auch von der Geschwindigkeit, mit welcher es gedreht wurde, d. h., wie wir weiter unten sehen werden, von der Stärke des Druckes, dem die Corticalis ausgesetzt war.

Die Annahme, dass eine Gefässzerreissung mit Blutaustritt in die Hirnmasse das veranlassende Moment für die Erscheinung sein könnte, musste von vornherein ausgeschlossen werden, da die Symptome von zu kurzer Dauer waren.

Sicherlich wird die Vertheilung von Blut und Cerebrospinalflüssigkeit innerhalb der Schädelhöhle durch die Drehung verändert: die Centrifugalkraft drängt das Gehirn nach der peripher gelagerten Seite des unnachgiebigen Schädels. Die incompressible Masse des Gehirns verdrängt das verschiebbare Blut aus den Gefässen und die Cerebrospinalflüssigkeit von den mehr gedrückten Theilen der Dura mater fort. So werden also die Gefässe der Corticalis, die am meisten in der Peripherie liegen, durch die nachdrängende Gehirnmasse comprimirt, und es entsteht hier eine Anaemie, welche wohl eine Ernährungsstörung in den Nerven-Elementen setzen könnte. Zugleich wird aber auch durch die Centrifugalkraft Blut aus den dem Centrum der Drehung näher gelagerten Hirntheilen nach der Peripherie getrieben.

Legte ich z. B. ein Thier der Art in den Kasten, dass die rechte Seite in die Peripherie zu liegen kam, sc entstand in der rechten Grosshirnhemisphaere, mit Ausnahme der periphersten Theile Hyperaemie, in letzteren, wie in der linken Grosshirnhemisphaere Anaemie. Um dies sehen zu können, liess ich die Thiere drehen, bis sie gestorben waren und beobachtete die natürliche Injection. Die Veränderung der Circulation konnte ich auch wahrnehmen, in dem ich eine Injection von Farbstoff in die Blutwege während der Rotation machte. Dies geschah folgendermaassen:

Im Centrum der gedrehten Scheibe war ein Blechcylinder von 1.5 Meter Höhe und 10 Ctm. Durchmesser befestigt und mit wässriger Lösung von Berliner Blau gefüllt.

Nahe dem Boden des Cylinders führte aus demselben ein Tubulus mit Kautschukschlauch die Injectionsmasse durch ein Gabelrohr in die peripheren Enden der beiden Carotiden des in der oben beschriebenen Weise tangential gelagerten Thieres.

Beim Beginn der Rotation wurde der Zufluss geöffnet und es wurde die Injectionsmasse durch den hydrostatischen Druck und mehr noch durch die Centrifugalkraft in den Kopf des Thieres (Kaninchen oder Meerschweinchen) getrieben.

Die bleibende Vertheilung der Injectionsmasse zeigte in der That Anaemie der peripher gelagerten Hirnrindentheile, darunter aber Hyperaemie; relative Anaemie der central gelagerten Hirntheile.

Um die Bedeutung der Circulationsveränderung als aetiologische Momente für die Folgeerscheinungen der Rotation kennen zu lernen, suchte ich zu eruiren, ob die corticale Anaemie die Drehung überdauere. Als ich die Hirnrinde sogleich nach der Drehung freilegte, fand ich sie von normaler Färbung. Ebenso sah ich die Hyperaemie, welche an einer Trepanöffnung der peripher gelagerten Schädelseite während der Rotation sehr beträchtlich wurde, bald nach dem Stillstande schwinden.

Bei Fröschen war es möglich, den Einfluss der Circulation ganz auszuschliessen. Ich drückte grossen Exemplaren möglichst viel Blut aus der ange-

schnittenen grossen Bauchvene. Die Thiere waren hierauf sehr matt, reagirten träge, zogen aber, wenn auch langsam, die ausgestreckten Extremitäten wieder ein. Nach der Drehung hingegen, die in derselben Weise, wie an den anderen Thieren vorgenommen worden ist, nur dass 500 Umdrehungen per Minute gemacht wurden, zeigten sie deutliche Lähmungen derjenigen Extremitäten, welche von der peripher gelagerten Hirnseite innervirt werden

Schliesslich entzog ich einem Hunde die Hälfte seines praesumptiven Blutgehalts. Derselbe zeigte die besprochenen Folgen der Drehung in keiner Weise stärker, als vor dem Aderlass, was doch zu erwarten gewesen wäre, wenn die Hypothese richtig sein solle, dass die Anaemie den grössten Theil der Schuld an den Erscheinungen habe.

Somit war ich gezwungen anzunehmen, dass das veranlassende Moment zu den betreffenden Lähmungserscheinungen vornehmlich der directe Druck auf die Nervenelemente der Corticalis sei. Diese Voraussetzung wurde durch folgenden Versuch bestärkt. Ich trepanirte einem Hund die eine Seite des Schädels an verschiedenen Stellen, lagerte ihn so in den Drehkasten, dass die durchbrochene Schädelseite peripherwärts lag.

Nach der Drehung erhielt ich nun keine Lähmungserscheinungen; als ich aber die andere Seite in die Peripherie legte, waren die Symptome sehr ausgesprochen.

Ich versuchte nun den Druck zu localisiren. Drückt man durch eine Trepanöffnung mit einem Stabe auf das Hirn, so verschiebt man die ganze Hirnmasse und verursacht allgemeine Erregungen.

Es gelang mir jedoch der Druck auf eine begrenzte Stelle der Hirnrinde recht gut, wenn ich durch eine Trepanöffnung im Schädel einen festschliessenden Stöpsel etwa 5 Millimeter tief eindrückte, ohne die Dura zu verletzen und nunmehr durch die Centrifugalkraft das Gehirn gegen den Stöpsel andrängen liess.

Wenn ich das Thier so in den Kasten lagerte, dass das verstöpselte Trepanloch die peripherste Stelle einnahm, und nun rotiren liess, so wurden diejenigen Theile isolirt gelähmt, welche von der gedrückten Stelle innervirt werden. So ist es mir gelungen, an der vorderen oder hinteren Extremität einzeln die oben erwähnten Lähmungserscheinungen hervorzubringen.

Ich erwähne noch, dass die Einsenkung des Korks vor der Drehung den Gang des Thieres in keiner Weise beeinflusst hat und dass ebenso die Erscheinungen nach der Drehung weder an Intensität, noch an Dauer von der Herausnahme des Korks abhängig waren.

Diese Methode gewährt also die Möglichkeit, ebensolche Ausfallserscheinungen zu erhalten, wie man sie bisher durch Ausschneiden einzelner Hirnrindenpartien erreichte. Da sich die Erscheinungen bald wieder ausgleichen, so kann man sie oft wiederholen und nach Wunsch die Begrenzung der gedrückten Partie, durch Aenderung der Pelottenform, variiren.

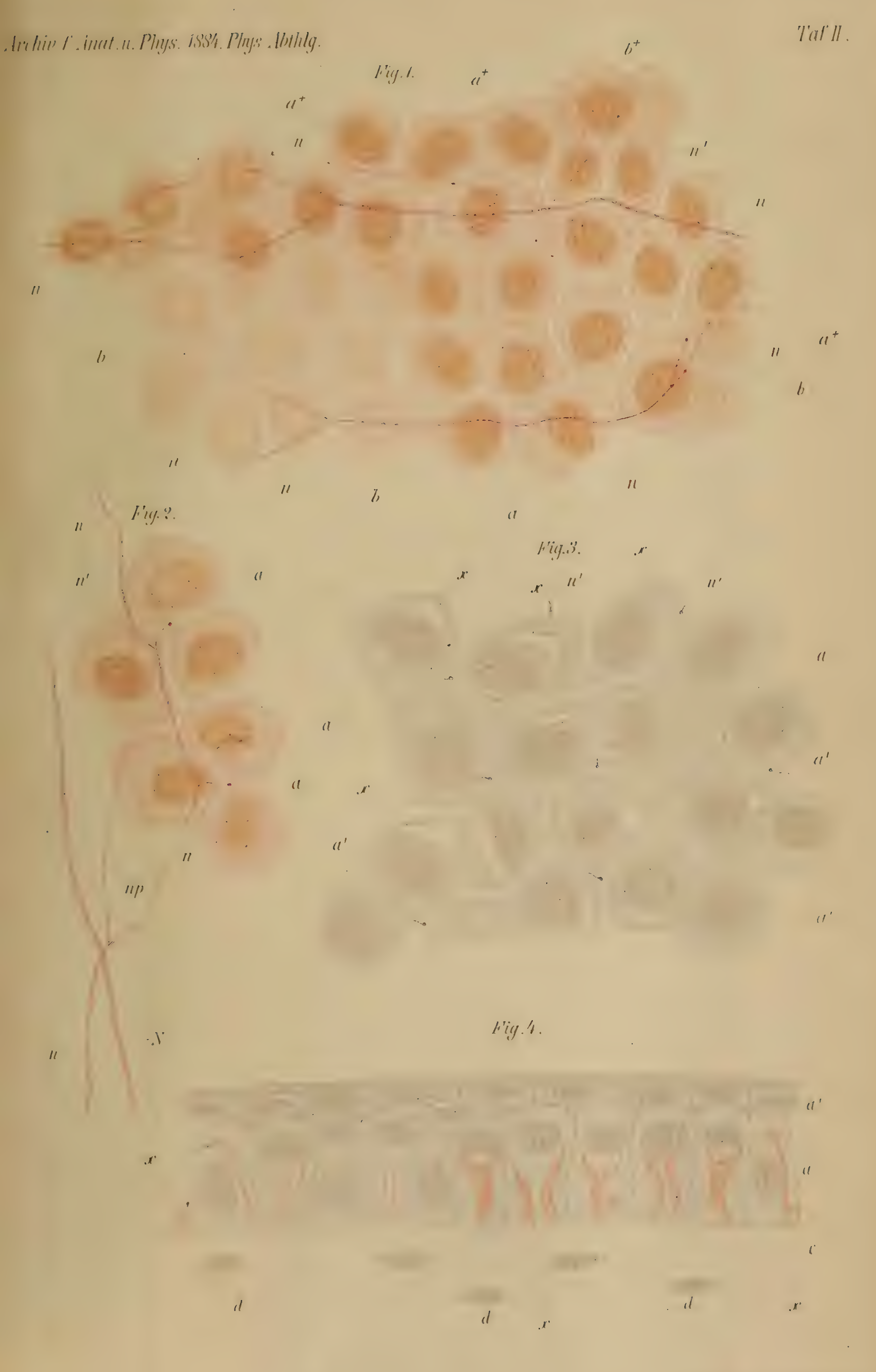
Wenn die Lähmung vorüber ist, so ist die gedrückte Partie auch wieder reizbar und löst auf elektrische Erregung die von Fritsch und Hitzig beschriebenen Bewegungen aus.

Wenn es gelänge, ein prominentes Knochen- oder Metallstück in die Trepanöffnung einzuheilen, so würde man solchen Thieren durch fortgesetzte Drehung vielleicht den gedrückten Theil definitiv lähmen können.

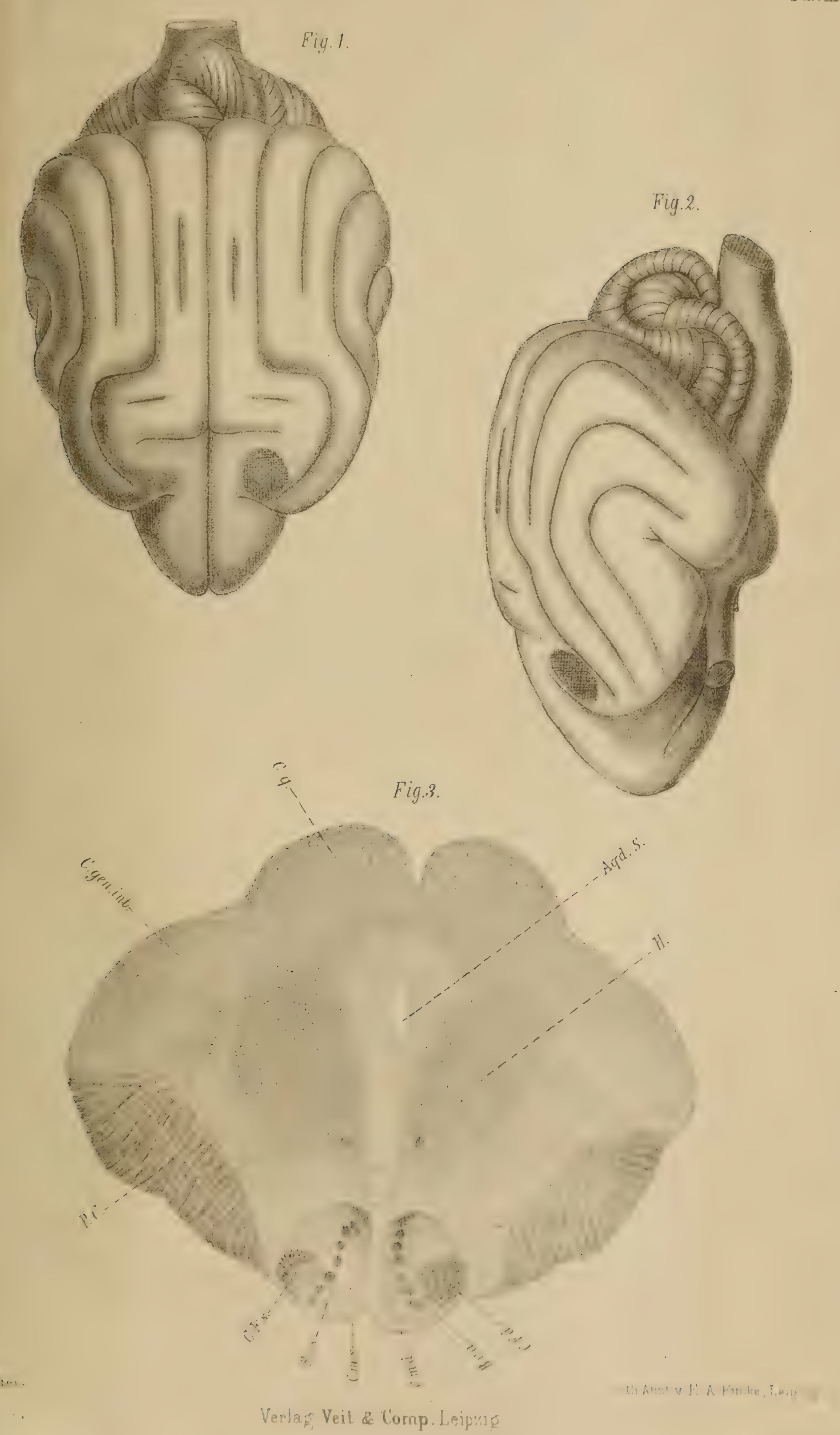


Horizontalschnitt durch das rechte elektrische Organ vom Embryo des Torpedo ocellata.
Vergröss. 16.

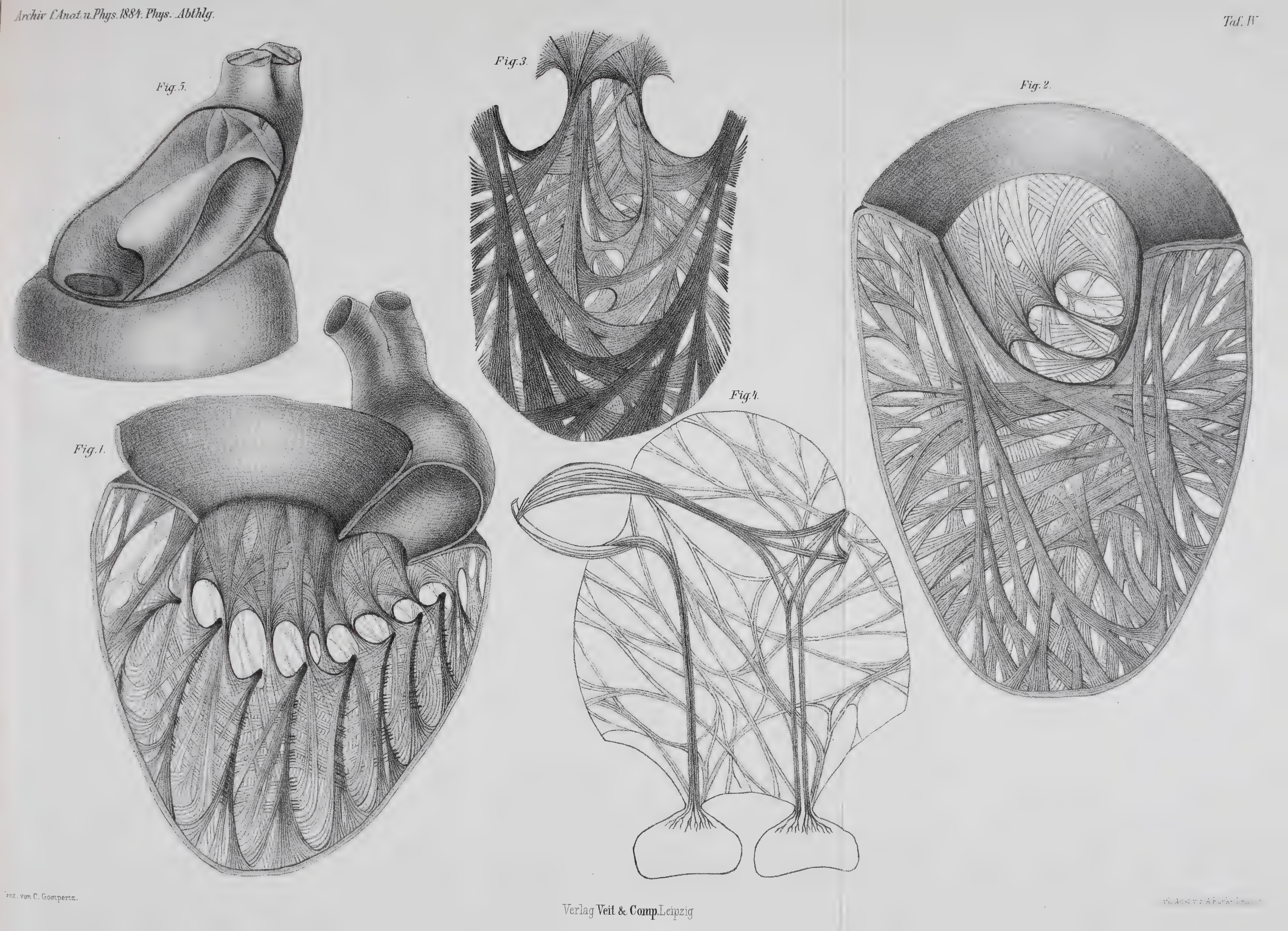
Verlag von Veit & Comp. in Leipzig.



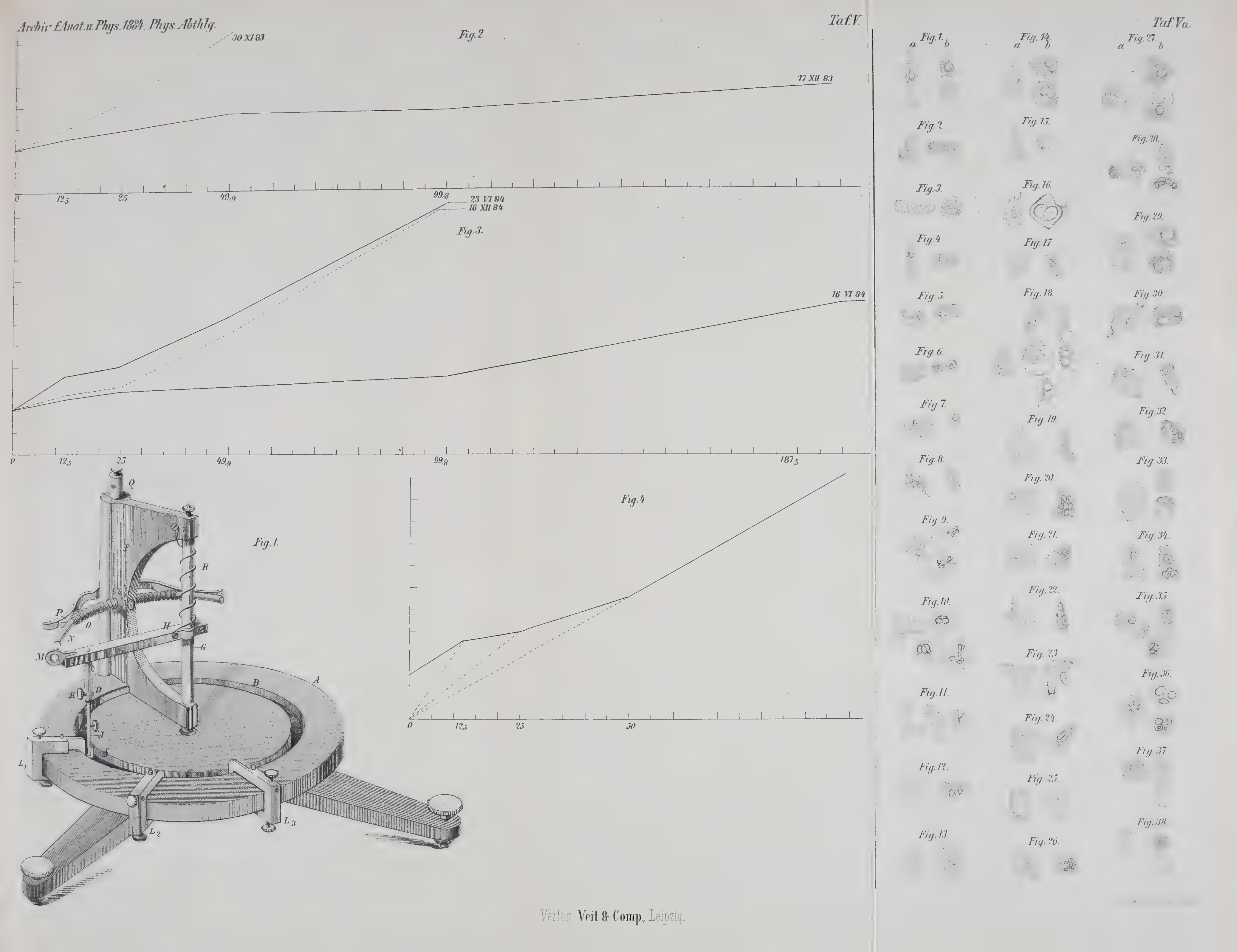
Verlag Veit & Comp.



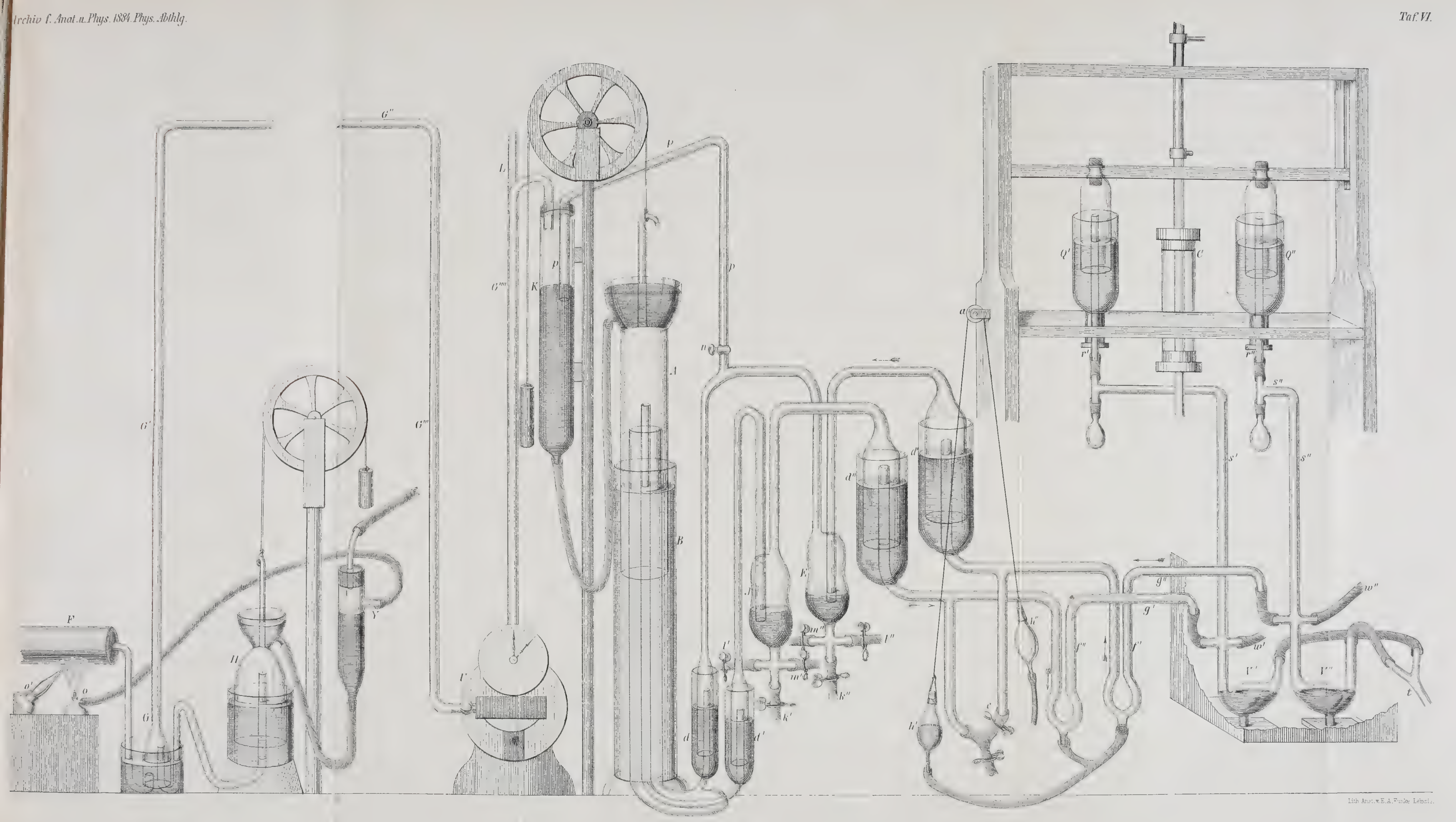
Verlag Veit & Comp. Leipzig



Verlag Veit & Comp. Leipzig

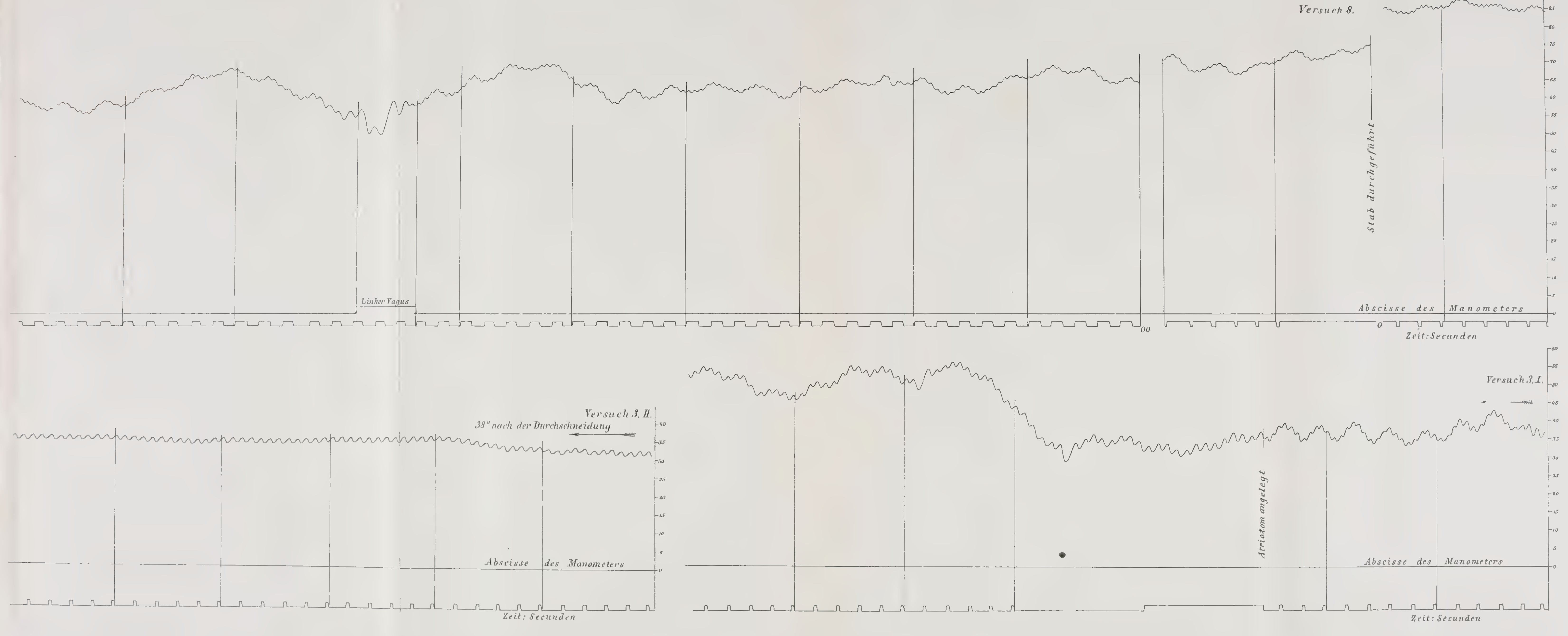


Verlag Veit & Comp., Leipzig.



Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

Verlag Veit & Comp. Leipzig.



Verlag Veit & Comp. Leipzig.

Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig

7383

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1884.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

ERSTES UND ZWEITES HEFT.

MIT ZWEIUNDZWANZIG ABBILDUNGEN IM TEXT UND EINER TAFEL.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1884.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.
(Ausgegeben am 7. März 1884.)

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**

in Leipzig, beide Königsstrasse 17,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**

in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

7383
Aug. 27. 1887

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

Fortsetzung des von REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND herausgegebenen Archives.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. WILH. HIS und Dr. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

Dr. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1884.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

DRITTES HEFT.

MIT FÜNFZEHN ABBILDUNGEN IM TEXT UND DREI TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1884.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

(Ausgegeben am 17. Juli 1884.)

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**
in Leipzig, beide Königsstrasse 17,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**
in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

7383
Nov. 4. 1884

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1884.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

VIERTES UND FÜNFTES HEFT.

MIT EINUNDZWANZIG ABBILDUNGEN IM TEXT UND ZWEI TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1884.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.
(Ausgegeben am 30. September 1884.)

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die anatomische Abtheilung sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**
in Leipzig, beide Königsstrasse 17,

Beiträge für die physiologische Abtheilung an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**
in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

7383
Feb. 4, 1885.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

Fortsetzung des von REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND herausgegebenen Archives.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. WILH. HIS und Dr. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

Dr. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1884.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

SECHSTES HEFT.

MIT ZEHN ABBILDUNGEN IM TEXT UND EINER TAFEL.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1884.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.
(Ausgegeben am 29. December 1884.)

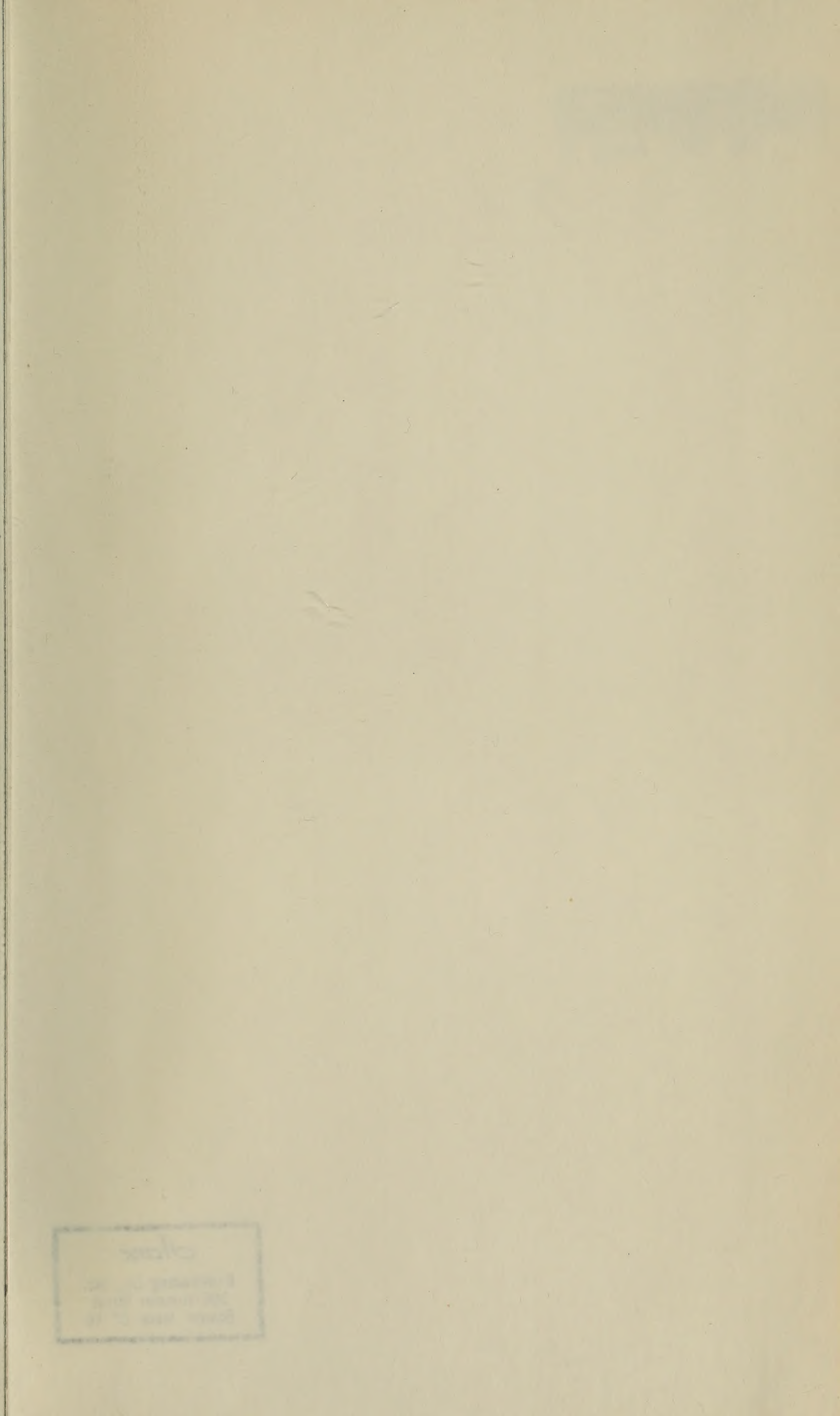
Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

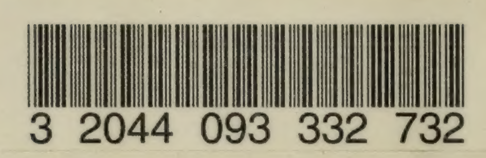
Beiträge sind an den Herausgeber

Professor Dr. E. du Bois-Reymond
in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung**, die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.



Acme
Bookbinding Co., Inc.
300 Summer Street
Boston, Mass. 0? '10


3 2044 093 332 732